

LA EXPERIMENTACIÓN MENTAL EN EL APRENDIZAJE DE MODELOS
EXPLICATIVOS DE LOS ESTUDIANTES SOBRE LA NUTRICIÓN EN PLANTAS

Olga Lucía Ríos Ocampo

Universidad Tecnológica de Pereira
Facultad de Ciencias de la Educación
Maestría en Educación

2020

LA EXPERIMENTACIÓN MENTAL EN EL APRENDIZAJE DE MODELOS
EXPLICATIVOS DE LOS ESTUDIANTES SOBRE LA NUTRICIÓN EN PLANTAS

Olga Lucía Ríos Ocampo

Director: Ph.D. Oscar Eugenio Tamayo Alzate

Trabajo presentado para optar al título de Magíster en Educación

Universidad Tecnológica de Pereira

Facultad de Ciencias de la Educación

Maestría en Educación

2020

Agradecimientos

A Dios por darme la oportunidad de recuperarme y culminar este estudio.

A mis padres, ejemplo y apoyo incondicional en todas mis experiencias de vida.

A Igor Alberto Suaza Castañeda, mi compañero de vida.

A mi asesor Ph. D. Oscar Eugenio Tamayo Alzate, por su paciencia, orientación y acompañamiento durante el desarrollo de este trabajo, cuyas orientaciones fueron de gran valor para mi crecimiento personal y profesional.

A aquellos miembros de mi familia tías, primos (as) que estuvieron presentes en el proceso

A todas aquellas personas que directa o indirectamente hicieron posible este trabajo.

Resumen

En el presente estudio se examina a través de un estudio de caso, cómo cambian los modelos explicativos de un estudiante acerca de la nutrición en plantas, a partir de la “experimentación mental” como estrategia de trabajo en el aula, en aras de hacer que los estudiantes mejoren sus niveles de comprensión y por ende el aprendizaje respecto al tema. Para el estudio y valoración de la experimentación mental se han planteado cuatro criterios a saber: la creatividad, redefinición del pensamiento, el manejo de hipótesis y variables y el empleo de narrativas; dichos aspectos son analizados en cada uno de los experimentos mentales y a partir de allí se visualizan los cambios surgidos en los modelos explicativos que permitan mejorar el aprendizaje.

Palabras clave: experimentos mentales, modelos explicativos, creatividad, narrativas, nutrición en plantas.

Abstract

The present study examines, through a case study, how a student's explanatory models of nutrition in plants change, based on "mental experimentation" as a work strategy in the classroom, in order to make the students improve their comprehension levels and therefore the learning about the subject. For the study and evaluation of mental experimentation, four criteria have been proposed: creativity, Redefinition of thought, the management of hypotheses and variables and the use of narratives; these aspects are analyzed in each one of the mental experiments and from there the changes arising in the explanatory models that allow to improve the learning process.

Tabla de contenido

Introducción	1
Capítulo 1	4
Planteamiento del problema, justificación y objetivos	4
1.1. Planteamiento del Problema	4
1.2. Justificación	6
1.3. Objetivos	8
1.3.1. General	8
1.3.2. Específicos	8
Capítulo 2	9
Referente conceptual	9
2.1 Antecedentes de la Investigación	9
Capítulo 3	43
Metodología	43
3.1. Enfoque metodológico	43
3.2. Contexto de la investigación	44
3.3. Diseño metodológico	47
3.4. Análisis de la información	50
3.5. Análisis de la categoría modelos explicativos sobre nutrición en plantas	51
Capítulo 4	58
Análisis de la experimentación mental	58
4.1. Experimento mental 1	58

4.1.1.	Subcategoría Elaboración en la expresión figurada.....	61
4.1.2.	Subcategoría Manejo de hipótesis	73
4.1.3.	Establecimiento de narrativas	75
4.2.	Experimento mental 2	84
4.2.1.	Subcategoría Elaboración en la expresión figurada.....	87
4.2.2.	Categoría redefinición del pensamiento en la experimentación mental	90
4.2.3.	Subcategoría Manejo de hipótesis	91
4.2.4.	Establecimiento de narrativas	92
4.2.5.	Interrelación entre criterios en el EM2	93
4.3.	Experimento mental 3	97
4.3.1.	Subcategoría Elaboración en la expresión figurada.....	98
4.3.2.	Redefinición de ideas en la experimentación mental.....	101
4.3.3.	Subcategoría Manejo de hipótesis	102
4.3.4.	Establecimiento de narrativas	104
	Discusiones	108
	Conclusiones	143
	Recomendaciones.....	146
	Bibliografía	147
	ANEXOS.....	152

Índice de tablas

Tabla 1. Funciones de los experimentos mentales	13
Tabla 2. Hallazgos sobre la experimentación mental.....	15
Tabla 3. Aportes de la experimentación mental	16
Tabla 4. Antecedente investigativo de la nutrición en plantas	21
Tabla 5. Modelos Explicativos de nutrición vegetal	25
Tabla 6. Características de la creatividad.....	29
Tabla 7. Clasificación de las hipótesis	36
Tabla 8. Instrumentos empleados durante la unidad didáctica	50
Tabla 9. Modelos explicativos iniciales del E3.....	52
Tabla 10. Valoración de la originalidad desde la dimensión verbal de la creatividad.....	59
Tabla 11. Valoración de la elaboración del componente creatividad del E3	63
Tabla 12. Escala de valoración para el componente Fluidez del E3	68
Tabla 13. Cambios producidos en las tipologías de hipótesis del E3	73
Tabla 14. Secuencias de eventos del E3.....	77
Tabla 15. Combinación de criterios para del experimento mental 1.....	82
Tabla 16. Modelos explicativos iniciales y finales de E3	137

Índice de figuras

Figura 1. Modelos explicativos iniciales del E3	56
Figura 2. Representación de los modelos explicativos iniciales de E3	56
Figura 3. Principales estructuras que participan en la nutrición vegetal	61
Figura 4. Red semántica de la elaboración del E3	65
Figura 5. V de Gowin.....	86
Figura 6. La fotosíntesis	88
Figura 7. Representación de los fotones y la savia elaborada para formar la flor	98
Figura 8. Proceso de formación de la flor	98
Figura 9. Cambios en las tipologías de las hipótesis en los experimentos mentales del E3	103
Figura 10. Red semántica con los modelos explicativos iniciales de E3 en las que aparece su frecuencia de uso.	114
Figura 11. Expresión figurada de E3 en la cual representa la hipótesis acerca de la unión de fotones con la savia elaborada para el proceso de formación de la flor	117
Figura 12. EM3 Red semántica de Respuestas inusuales dadas por E3.....	124
Figura 13. Elaboración del estudiante 3 en el experimento mental 2.	125
Figura 14. Proceso de formación de la flor.	126
Figura 15. Modelo sintético de nutrición	142

Introducción

Numerosos son los retos y paradigmas que la educación del siglo XXI trae para los maestros de aula y para la didáctica de las ciencias, respecto a la exploración constante de estrategias y modelos pedagógicos que promuevan el aprendizaje y el espíritu científico en los estudiantes. Al respecto Castaño (2014) afirma que:

... mediante el uso de los experimentos mentales como herramienta didáctica, el docente tiene la posibilidad de despertar el espíritu científico presentando la física al estudiante de una forma atractiva para generar un pensamiento más creativo y con interés hacia la investigación científica, lo cual es determinante en el aprendizaje de esta ciencia. (p.21)

En este trabajo se plantea el uso de la experimentación mental como estrategia para que los docentes puedan valorar los cambios producidos en los modelos explicativos de los estudiantes de la básica primaria en torno al concepto de nutrición en plantas.

Diversos estudios muestran que los experimentos mentales han tenido resultados positivos en el proceso de enseñanza y aprendizaje, como lo argumentan Aguilar & Romero (2011) (tomado de Barrera Builes, 2016) cuando concluyen que la experimentación mental bien trabajada puede dejar efectos muy positivos en los estudiantes de ciencias.

Por otra parte, el concepto de experimentación mental ha sido un tema muy polémico entre diversos autores, algunos establecen que es una herramienta muy poderosa dentro del proceso enseñanza aprendizaje ya que en diversas ocasiones la situación del científico frente a nuevos conocimientos es parecida a la situación de un estudiante frente a nuevos temas (Lladó et al., 1997) (Como se citó en R.Donati y J. Andrade-Gamboa2, 2004).

Esta alternativa metodológica también permite extraer al alumno de su contexto habitual y obligarlo al replanteo de su propio marco conceptual Donati y Jubert, (1991), Donati et al.(1997); Vasini y Donati,(2001) (como se citó Donati y Andrade –Gamboa², 2004).

Otros autores visualizan la experimentación mental como una estrategia de la imaginación a partir de la cual se puede descubrir la naturaleza de los fenómenos reales desde escenarios hipotéticos poco tangibles y alejados de la experimentación física, que buscan incentivar el espíritu científico y el interés investigativo en los estudiantes (Mach, 1948) (como se citó Romero y Aguilar, 2011). Es de aclarar que esta tesis no se enmarca en el mundo de la plausibilidad para evitar el distanciamiento conceptual, y el alcance de los objetivos trazados, al respecto Gomila (2000) comenta:

A veces se presentan como experimentos mentales situaciones que plantean simulaciones mentales de "casos límite" o de órdenes de magnitud diferentes al conocido. Pero los que son como éstos contribuyen sin duda al progreso científico, al avance teórico. Por ello, en los experimentos mentales trabajados en esta tesis se establecen limitaciones en las situaciones iniciales con el ánimo de alcanzar los objetivos propuestos. (p.2).

Otros autores definen la experimentación mental en términos de experimentos del pensamiento como Nersessian (1992), mientras otros la conciben como métodos para construir y profundizar teorías (Aguilar & Romero, 2011), o como herramientas potentes para plantear argumentos Gonzáles (2012), también como sistemas concretos no probados Stephen y Clement, (2009) (como se citó, Barrera y Builes, 2016); aspectos que serán abordados más adelante (ver referente). En síntesis, el estudio de la experimentación mental ha tenido una evolución a través de la historia que sirve de base para seguir explorando esta herramienta en todos los niveles de formación educativa, en aras de favorecer la enseñanza y el aprendizaje en las aulas de clase.

Así pues, en este trabajo se propone analizar cinco criterios de experimentación mental, tales como: creatividad, flexibilidad, manejo de hipótesis y establecimiento de narrativas. Con base en ellos, se valorarán los cambios producidos en los modelos explicativos de los estudiantes mientras experimentan mentalmente en aras de favorecer el aprendizaje.

De otro lado, se analizará la nutrición vegetal y su evolución histórica desde Chávez (2002) que establece los modelos explicativos usados a través de la historia para explicar el proceso de la nutrición vegetal, encaminados hacia la comprensión y el mejoramiento del proceso de enseñanza-aprendizaje de este fenómeno natural. De igual manera es importante promover la enseñanza de la nutrición vegetal desde la básica primaria como base para la formación y evolución de los modelos explicativos de los niños acerca de la nutrición en plantas en años posteriores al respecto, Cañal (1991) comenta:

La nutrición de las plantas es un fenómeno que de una u otra forma está presente en las aulas de primaria, y es allí donde se generan algunas de las ideas que tendrán mayor incidencia en la construcción escolar relativa a este campo conceptual. (p.102).

Teniendo en cuenta los criterios de experimentación mental y los modelos de nutrición en plantas, se diseñó y aplicó una unidad didáctica, incluyendo instrumentos de lápiz y papel (preguntas abiertas, gráficos), que daban cuenta del cómo los niños experimentaban mentalmente, y cómo cambiaban sus modelos explicativos sobre nutrición vegetal. La recolección de datos se hizo con estudiantes de cuarto grado de básica primaria del Instituto Técnico Superior de Pereira “Sede Mariela Lemus”. Se realizaron nueve sesiones distribuidas en seis semanas con una intensidad de cinco horas semanales.

Capítulo 1

Planteamiento del problema, justificación y objetivos

1.1. Planteamiento del Problema

Es frecuente encontrar en las aulas de clase numerosas dificultades en los estudiantes de básica primaria a la hora de estudiar la nutrición en plantas; en relación con este aspecto, existen algunos estudios como el del grupo de investigación como el INRP en 1976 dirigido por Host (como se citó en Cañal de León, 1991), que hablan sobre la “incapacidad de los niños de primaria para comenzar el aprendizaje de los procesos de la fotosíntesis, estimándose que hacia los doce años empezaría a ser viable una aproximación coherente a la misma” (p.103). Por lo anterior, y en concordancia con (Cañal, 1991) en el mismo texto: “...es viable y conveniente promover la idea de nutrición en plantas verdes en los niños de la básica primaria, como incorporación de una solución diluida de sales por las raíces” (p.103).

De este modo, en este trabajo se busca aproximar a los niños desde la básica primaria al modelo fotosintético actual que sirva de base para lograr niveles de conceptualización más elaborados sobre la fotosíntesis, y no desde los 12 años como lo plantea el grupo de investigación INRP, 1976 ya mencionado en este escrito. En consonancia con lo anterior, Cañal (1991) afirma:

Son escasos los estudios sobre la enseñanza en este campo conceptual que incluyen alumnos de primaria; posiblemente por considerar que una temática como ésta, sobre todo si se enfoca desde el punto de vista de la fotosíntesis.

No obstante, la nutrición de las plantas verdes, es un fenómeno que de una u otra forma suele estar presentes también en las aulas de primaria, y es allí donde se generan algunas de las ideas que tendrán una mayor incidencia en la construcción escolar relativa a este campo conceptual.

Por lo anterior, es importante promover la experimentación mental como herramienta didáctica para dar pie al aprendizaje de la nutrición vegetal desde las aulas de la básica primaria, y así valorar los cambios producidos en los modelos explicativos de los niños acerca de dicho campo conceptual.

En el estudio previo realizado en este trabajo, se encontró que gran parte de los estudiantes consideran que las plantas se nutren principalmente del suelo, lo cual está acorde con los datos encontrados en un estudio realizado por el equipo de investigación NRP ,1976 (como se citó en Cañal,1991): “Los alumnos conciben la alimentación de las plantas como proceso que desarrolla tomando las sustancias del suelo por las raíces”(p.102); dicho hallazgo se relaciona también con el pensamiento de Simpson y Arnold (1982^a); Roth, Smith y Anderson (1983); Wandersee (1983); Bell y Brook (1984); Driver et al. (1984); Benlloch (1984); Rumelhard (1985); Cañal y Rasilla (1986); Battinger et al. (1988); Cañal (1990); Stavy, Eisen y Yaakobi (1987); Eisen y Stavy (1993); Songer y Mintzes (1994); Pedro (1997); Özey y Öztas (2003), 1976 (como se citó en Cañal, 1991), quienes afirman que los niños en la básica primaria consideran que las plantas toman su alimento principalmente del suelo. En cuanto a los alimentos de la planta, se reducen lógicamente aquellos que están en el suelo (agua y sales minerales). Sin embargo, en este estudio los niños hablaron en el pre-test de tierra y agua en términos de alimento para la planta.

Es probable que estos niños hayan tenido métodos tradicionales de enseñanza, los cuales no les haya brindado la posibilidad de mejorar su aprendizaje al estudiar la nutrición vegetal. Por ello, es conveniente implementar la experimentación mental en las aulas de clase como herramienta para potenciar el aprendizaje en los estudiantes, y como alternativa para que el docente visualice cómo están aprendiendo sus alumnos como insumo planear la enseñanza, al respecto Tamayo (2007) afirma: “Ningún profesor debe enfrentarse a un proceso de enseñanza y aprendizaje si no conoce en detalle cómo sus estudiantes aprenden, destaca la

necesidad de que los profesores conozcan cada vez mejor cómo aprenden los estudiantes lo que él les enseña” (como se citó en Cadavid, 2013).

De acuerdo con lo anterior, el presente trabajo pretende resolver el siguiente interrogante:
¿Cómo cambian los modelos explicativos de los estudiantes sobre la nutrición en plantas a partir de la experimentación mental?

Palabras clave: Experimentación mental, nutrición en plantas.

1.2. Justificación

La siguiente propuesta se fundamenta en la necesidad del docente de explorar estrategias diferentes a las tradicionales tal como la experimentación mental, para el trabajo en el aula, al respecto, existen estudios que afirman haber obtenido resultados positivos al usar esta estrategia para la enseñanza en las aulas de clase (Helm, Gilbert & Watts (1985), Gilbert & Reiner (2004), a Oviedo, Clement & Ramírez (2008) y a Stephens & Clement (2006)) (como se citó en Stephens & Clement, 2009). Igualmente, a través de esta estrategia se busca comprender cómo se dan los cambios en los modelos explicativos de los estudiantes, a través de la experimentación mental, y cómo se dan los procesos de re significación permanente (Nersessian, 1992) en aras de potenciar el aprendizaje sobre la nutrición vegetal. Otro aspecto importante es que el empleo de la experimentación mental permite al maestro incentivar el espíritu científico e investigativo en los estudiantes, al respecto Castaño (2014) dice:

... mediante el uso de los experimentos mentales como herramienta didáctica, el docente tiene la posibilidad de despertar el espíritu científico presentando la física al estudiante de una forma atractiva para generar un pensamiento más creativo y con interés hacia la investigación científica, lo cual es determinante en el aprendizaje de esta ciencia. (p.21) .

De otro lado, existen indicios de la dificultad que presentan los estudiantes de básica primaria en torno al aprendizaje sobre la nutrición vegetal especialmente al aproximarse a los procesos fotosintéticos, tal como lo muestra el estudio realizado por el equipo INRP en 1976 dirigido por Host (como se citó en Cañal, 1991) quienes afirman que dicho proceso sólo se hace con estudiantes desde los 12 años. Por ello, es interesante la propuesta que hace Cañal (1991):

La nutrición de las plantas es un fenómeno que de una u otra forma está presente en las aulas de primaria, y es allí donde se generan algunas de las ideas que tendrán mayor incidencia en la construcción escolar relativa a este campo conceptual. (p.102)

En esta línea de pensamiento se propone entonces emplear la experimentación mental como herramienta para aproximar a estudiantes de nueve años de edad al modelo fotosintético actual, en aras de potenciar el aprendizaje acerca de la nutrición vegetal desde niveles más bajos de escolaridad promoviendo adquisiciones de conocimiento cada vez más profundas, lo cual puede ser un valor agregado para didáctica de las ciencias como tal.

1.3.Objetivos

1.3.1.General

Comprender cómo la experimentación mental interviene en el aprendizaje de los modelos explicativos de los estudiantes acerca de la nutrición en plantas.

1.3.2.Específicos

- Describir comprensivamente los modelos explicativos de los estudiantes sobre la nutrición en plantas a partir de la experimentación mental.
- Identificar los cambios producidos en los modelos explicativos de los estudiantes acerca la nutrición en plantas después de aplicar una unidad didáctica centrada en la experimentación mental.

Capítulo 2

Referente conceptual

2.1 Antecedentes de la Investigación

Experimentación mental

Los experimentos mentales han sido usados con frecuencia en diferentes campos de las ciencias, Wilkes (1988) (como se citó en Gomila, 2008); con su investigación empezó a tomar relevancia sólo hasta el siglo XIX, y en especial en el siglo XX, en el que comenzó a cobrar importancia el desarrollo de las ciencias Hacking, (1985) (como se citó en Donati & Andrade, 1990) en torno a los procesos de construcción científica que los sujetos hacen para comprender el mundo. Sin embargo, son escasas las investigaciones en torno a la experimentación mental en relación con los procesos de aprendizaje en grados de escolaridad como la básica primaria, ya que éstas se han orientado hacia los niveles de formación básica secundaria y de pregrado básicamente (procesos de formación de maestros), así mismo, los estudios sobre estas temáticas se han enfocado en áreas como la física y la filosofía marginando otras áreas del conocimiento. Respecto a lo mencionado en este párrafo, “hay experimentos mentales que marcaron sus respectivos campos, como el demonio de Maxwell, el tren de Einstein y el gato Schrödinger, sus experimentos revolucionaron las teorías de termodinámica, relatividad y mecánica cuántica” Moue, Masavetas & Karayianni (como se citó en Barrera y Builes, 2016) dando lugar a la evolución de los experimentos mentales en el campo de la física. Es posible que, si se continúa con la exploración en otros campos y en diversos niveles de escolaridad, dicha evolución de las ciencias trascienda y se originen otras formas de trabajo con la experimentación mental en el aula como la que se propone en esta tesis. Sumado a lo descrito, es notoria la ausencia vital de textos en español que al menos sirvan de referencia para encontrar más información sobre los experimentos mentales, un concepto clave en la evolución de las ciencias, porque desde Galileo conocemos

experimentos mentales que ayudaron a cambiar y construir perspectivas (Barrera & Builes, 2016).

A continuación, se presentan algunas generalidades de experimentación mental, sumado a ciertos hallazgos y aportes de la misma al ser usada como estrategia de trabajo en el aula desde básica primaria, en aras de favorecer el aprendizaje de los estudiantes en torno a las ciencias naturales.

El estudio epistemológico del término ha generado mucha polémica entre diversos autores respecto a su concepción, utilidad funcionalidad, aportes a la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, y a la investigación científica como tal.

Así mismo, Los experimentos mentales han desempeñado un papel de crítica importancia en el desarrollo de las ciencias según Hacking (1985) (como se citó en Donati y Jubert, 2014); ha sido visualizada como una potente estrategia para la construcción de explicaciones científicas (Aguilar y E. Romero, 2011) y para plantear argumentos a favor o en contra de una teoría (González, 2012). Se puede decir, que esta estrategia ha contribuido al desarrollo científico y al avance filosófico (Medina, 2014), ya que ha desempeñado un papel muy importante en la evolución de las ideas científicas, existiendo algunos ejemplos famosos, especialmente en la historia de la Física (Donati y Andrade, 2004), y en general porque son de gran utilidad para el desarrollo de las ciencias (Medina, 2014).

El primer autor que se refirió a los experimentos mentales fue Orsted en el año 1811, y lo hizo con base en el término *Gedankenexperiment*, el cual hacía alusión a una “fuente especial del conocimiento” (Castaño, 2014). Más adelante fue relacionado con el desarrollo intelectual de los individuos, al punto de haber sido considerados por Mach (1948) como elemento indispensable para llegar al mismo (como se citó en Castaño, 2014).

En éste mismo año, el término empezó a estudiarse en el campo de la investigación y se centró en el estudio de “la naturaleza de las cosas”, punto en el que convergen la acepción de

dos conceptos: la experimentación mental y la experimentación imaginaria. Este último término fue concebido inicialmente por John Norton en el año (1991) , pero en realidad ha sido estudiado desde el siglo XVIII bajo la perspectiva de diversos autores como: Kuhn (1997); Popper,*et al* (1997); Szabó (2004); Ulrich Kuhne (2005) ; Haggquist (2009); Brown y Fehige (2011) (como se citó en Ruiz, 2012), que han estudiado la epistemología de dicho término. Así pues, al parecer, la experimentación mental y la experimentación imaginaria guardan numerosas similitudes, tal como lo afirma Brown (1991) en su libro *The Laboratory of the mind*, “Los experimentos imaginarios ocurren en el laboratorio de la mente” (como se citó en Ruiz, 2012), motivo por el cual dicho concepto se podría equiparar con los experimentos mentales.

Cabe resaltar que hasta el año 2001 no hubo cambios radicales en la epistemología del concepto, y luego para el año 2006 el planteamiento de dicha concepción empieza a vislumbrarse de un modo más funcional como: “Experimentos conducidos en los pensamientos” (Osorio *et al.* 2011), en este sentido los experimentos del pensamiento se refieren a la:

...construcción de un modelo dinámico en la mente por el científico que imagina una secuencia de eventos y procesos e infiere resultados para luego construir una narrativa que describe el escenario y la secuencia en orden para comunicar el experimento a otros para que construyan y ejecuten el experimento la simulación correspondiente y presumiblemente obtener los mismos resultados” (Nersessian, 1992, p.292)

Para este último, los experimentos del pensamiento son el principal medio para que el científico cambie sus estructuras conceptuales, de modo que razonan manipulando modelos mentales de la situación representado en el pensamiento narrativo experimental. Dicho

proceso de razonamiento según el autor está relacionado con nuestras habilidades para anticipar, imaginar, visualizar y volver a experimentar desde la memoria, de manera que se produzcan diversas alternativas para hacer predicciones, y sacar conclusiones sobre potenciales situaciones del mundo real en las que no se está participando en ese momento.

Los experimentos mentales también se han considerado como un referente teórico que “permite el acercamiento entre las características disciplinarias de las ciencias y las cognitivas de los estudiantes” (Llancaqueo, Caballero y Moreira (como se citó en Barrera y Builes, 2012). Otros autores lo asumen como el acto de considerar un sistema concreto no probado e intentar predecir aspectos de su comportamiento, los cuales deben ser nuevos y no probados, en el sentido de que el sujeto no los ha observado antes o no ha sido informado sobre ellos” (Stephens y Clement, 2009) (como se citó en Esneider, 2012). También han sido abordados como métodos para construir, validar, profundizar y contrastar teorías o explicaciones, y como acción del pensamiento que da valor a la experiencia conservada por el recuerdo y el lenguaje (Aguilar y Romero, 2011).

Dado lo anterior, los experimentos mentales poseen una gama de características y funciones, que hacen posible la realización de los mismos: “La creación de la mecánica cuántica (Kühne, 2005 y Popper, 1959) y la relatividad (Brown, 1987; Norton, 1991 y 1993) fueron casi impensables sin la función fundamental de los experimentos mentales.” (Como se citó en Aguilar y Romero, 2011).

Cabe anotar que “No todos tienen la misma funcionalidad, ni contribuyen al progreso científico pero los experimentos que plantean simulaciones mentales de “casos límite” o de órdenes de magnitud diferentes al conocido, sin duda contribuyen al cambio teórico” (Gomila, 2000, p.2). “Hoy en día son pocos los filósofos y científicos que dudan de las bondades de los experimentos mentales” (Ornelas y Cintora, 2012, p.33). En el presente caso, se conciben los experimentos mentales para valorar y determinar los cambios producidos en

los modelos explicativos de los estudiantes con relación al concepto de nutrición en plantas, para favorecer el aprendizaje.

En ese sentido, a partir de dichas funcionalidades y de algunas investigaciones existentes, se proponen cinco criterios para valorar la experimentación mental (que serán vistos más adelante). A continuación, se relaciona un consolidado histórico de las funcionalidades de los experimentos mentales (ver tabla 1):

Tabla 1. Funciones de los experimentos mentales

AÑO	AUTORES	FUNCIONALIDAD
2016	Georgiou (2005) (tomado de Barrera & Builes	Describe escenarios imaginarios
2016	Georgiou (2005) (tomado de Barrera & Builes	Empleo de la narrativa para comunicar la experiencia a otros
2011	Aguilar y Romero	Profundiza teorías Prueba teorías Pueden ser repensados Sirven para el análisis conceptual Son flexibles Posibilita la construcción de escenarios hipotéticos y manejo de variables No necesitan someterse al experimento real Cambio planeado y controlado de datos.
2014	Medina	Permite refinar el conocimiento. Las teorías están abiertas a una comprobación continuada (retoma a Brendel (2003 5).
2011	Osorio y Aguilar (Como se citó en Castaño, 2014)	Son flexibles pues estos son repensados de modo que se puede realizar una versión diferente del mismo escenario para contrastar los postulados situados. Explica y aclara los estados abstractos de las cosas Punto inicial para construir marco teórico Permite la relación entre variables Es creativo e innovador Sirven para el análisis conceptual

AÑO	AUTORES	FUNCIONALIDAD
2014	Medina	Pueden ser reconstruidos como argumentos Brendel (2003 5).
2011	Aguilar y Romero	Explicar y aclarar los estados abstractos de las cosas, facilitando así el proceso de comprensión.
1992	Nersessian	<p>Permite hacer predicciones, inferencias y sacar conclusiones a partir de la simulación mental.</p> <p>Permite anticipar, imaginar, visualizar, y vol ver a experimentar desde la memoria</p> <p>Facilita el reconocimiento de las consecuencias indeseables de nuestras conceptualizaciones.</p> <p>Señala el lugar de la reforma conceptual como base para construir una nueva representación.</p> <p>Es eficaz en el cambio conceptual</p> <p>Invita a seguir una secuencia de eventos según la manera en que suceden generalmente las cosas en el mundo.</p> <p>Emplea formas narrativas que permiten razonar sobre la situación mental, y comunicar el experimento a otros.</p> <p>Guía al lector en la construcción de un análogo estructural de la situación descrita por él.</p>
1948	Mach	Construcción de escenarios hipotéticos y manejo de variables

Revisión de las funcionalidades de los experimentos mentales a través de la historia desde diversas perspectivas.

La experimentación mental constituye una alternativa importante para que los estudiantes puedan alcanzar una mejor comprensión de la naturaleza de las ciencias con la ayuda del maestro; en términos de (Porto,2010): la didáctica de la ciencia tiene como objetivo fundamental mejorar la comprensión de la naturaleza de las ciencias y para esto el maestro debe seleccionar medios que se lo permitan, estos medios deben desarrollar en el alumno las habilidades y conocimientos necesarios, dando sentido a estos y posibilitar que el alumno se construya así mismo, es decir aprenda a aprender y reflexione sobre los conocimientos que obtiene. (Como se citó en Barrera & Builes, 2016).

La experimentación mental en los procesos de enseñanza y aprendizaje

En el siguiente apartado se citarán investigaciones que resaltan la importancia de la experimentación mental en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Es de anotar, que el interés de dichas investigaciones discrepan de los propósitos establecidos en la presente tesis; sin embargo, pueden proveer información valiosa respecto a los siguientes aspectos: En primer lugar, la experimentación mental en relación con los procesos de enseñanza y aprendizaje y sus implicaciones didácticas; en segundo lugar, se considerarán algunas investigaciones con hallazgos encontrados al usar la experimentación mental como alternativa de trabajo en el aula; y por último, se relacionarán estudios para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje de la nutrición vegetal. A continuación, se citan diferentes perspectivas que develan hallazgos de la categoría experimentación mental en torno a los procesos de enseñanza y aprendizaje (ver tabla 2).

Tabla 2. Hallazgos sobre la experimentación mental

AUTORES	HALLAZGOS
Stephens & Clement (2009) citando a Helm, Gilbert & Watts (1985), a Gilbert & Reiner (2004), a Oviedo, Clement & Ramírez (2008) y a Stephens & Clement (2006)) (como se citó en Barrera & Builes, 2016)	Encontraron resultados positivos al utilizar la experimentación mental como estrategia para la enseñanza en el aula de clase. Los estudiantes después de la experimentación mental realizan predicciones, confirman o rechazan ideas mostrando lo constructivo o destructivo de los experimentos, otros realizaban dibujos relacionados y algunos expresan hasta escenarios de novela.
(Donati y Jubert, 1991; Donati et al., 1997; Vasini y Donati, 2001) (como se citó en Donati & Andrade, 2004)	Los experimentos mentales podrían ser una herramienta muy poderosa dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje (Lladó et al., 1997) dentro de una serie de alternativas metodológicas para extraer al alumno de su contexto habitual y obligarlo al replanteo de su propio marco conceptual.
Barrera & Builes, 2016	Retoma a Aguilar & Romero (2011), piensan en las repercusiones de la experimentación mental en aula de clase, y concluyen que estas bien trabajadas pueden dejar efectos muy positivos en los estudiantes de ciencias.

AUTORES	HALLAZGOS
Barrera & Builes, 2016	Concibe la literatura científica como un mediador que nos permite visualizar aquellas construcciones sociales en las que convergen la ciencia y el arte.

Hallazgos de la experimentación mental en relación con los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Hasta aquí se ha estudiado la experimentación mental en torno a la enseñanza y el aprendizaje, ahora se hará referencia al segundo aspecto relacionado con dos investigaciones que dejan ver los aportes de la experimentación mental al campo de las ciencias (ver tabla 3) al implementarla como estrategia de trabajo en la básica secundaria y en niveles de pregrado (estudiantes de la básica secundaria del grado décimo de la Institución Educativa Marco Fidel Suárez de Pácora (Castaño, 2014), y estudiantes de la Licenciatura en Matemáticas y Física entre el cuarto y quinto nivel que cursan Física de los Campos, de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia (Barrera & Builes, 2016).

Tabla 3. Aportes de la experimentación mental

AÑO	AUTOR	APORTES
2014	Julián Castaño (Nivel de básica secundaria)	Utilización de la narrativa como estrategia metodológica para la construcción de situaciones físicas a través de los experimentos mentales; donde se comparó el lenguaje común con los términos especializados que describen el fenómeno desde una perspectiva científica. Logró explicar cómo el lenguaje permite la construcción del conocimiento científico, a través de la narrativa como género literario. La experimentación mental fomenta en el estudiante el interés hacia la ciencia, la investigación y la creatividad, puesto que el docente, facilita el acercamiento a la creación de hipótesis más elaboradas respecto a un fenómeno físico, con el objetivo de analizar, profundizar, impactar y sorprender en la construcción de explicaciones científicas.

AÑO	AUTOR	APORTES
		<p>Los experimentos mentales son una herramienta adecuada que los docentes pueden implementar en la enseñanza de la física, para que los estudiantes construyan textos narrativos (que debían cumplir con ciertos criterios de estructuración) a partir de lecturas recreativas que contenían experimentos mentales clásicos de física, los cuales fueron analizados en clase. En síntesis, en la intervención se emplearon los experimentos mentales para explorar las ideas previas de los estudiantes e identificando y describir los modelos que tienen acerca de algunas teorías de la física como caída libre, espacio absoluto, relatividad.</p>
2016	Barrera & Builes. (Nivel de formación de maestros)	<p>Propone una unidad didáctica para aplicarla en proceso de formación de maestros orientada hacia el estudio de los experimentos mentales con literatura científica para la comprensión del concepto de campo teniendo en cuenta tres fases: deconstrucción, reconstrucción y validación. Los experimentos mentales con literatura científica hacen que el estudiante (Nivel de pregrado) se entrelace en un contexto narrativo de un problema, produciendo en él modelos mentales que permiten que se exprese y argumente las situaciones planteadas. La literatura científica es una alternativa válida para la enseñanza de las matemáticas y las ciencias, ya que puede favorecer ciertos aspectos en el aprendizaje.</p> <p>Los experimentos mentales resultan ser de vital importancia, no solo en el ámbito científico sino también en el educativo, porque mediante estos se forman procesos de argumentación los cuales desarrollan en el estudiante la capacidad de defender y criticar desde el conocimiento científico las actuales tendencias y avances científicos y tecnológicos.</p> <p>La literatura científica da la sensación de poder bajar estos aprendizajes que algunas veces los profesores subimos sin necesidad y la literatura los lleva a un nivel más humano, además, esta estrategia podría ser considerada inclusiva porque le da espacio a los estudiantes que disfrutaban más de la lectura o puede inducirlos a que disfrutaban de ella.</p>

AÑO	AUTOR	APORTES
2014	Macías (Nivel formación de maestros)	<p>La propuesta se centra en la experimentación mental en la formación de maestros como una alternativa para incluir la física moderna en la escuela.</p> <p>Se diseñaron experimentos mentales que permiten el abordaje de la física moderna en la formación de maestros, en los que se tenga en cuenta las dificultades y ventajas que ella misma encierra para su enseñanza en la Escuela.</p> <p>Los participantes declaran a la experimentación mental como una estrategia didáctica que potencializa no sólo el aprendizaje de la Relatividad en el aula, sino que posibilita dinámicas diferentes dentro de ella como generador de preguntas, cambios de roles y que ellos estarían dispuestos a implementarlas en sus prácticas pedagógicas y profesionales.</p> <p>Se logró mostrar una imagen de ciencia que procura una construcción cultural del conocimiento, una ciencia que puede ponerse en consideración, a la que se le pueden hacer preguntas y conjeturas acerca de los discursos que maneja. Rompe con el paradigma absolutista que encierran otras dinámicas y estrategias de aula donde es el profesor y el libro los eruditos en el tema y son los estudiantes quienes se apropian de estos saberes de alguna manera; con la experimentación mental se pone sobre la mesa la opción de crear, imaginar y desarrollar teorías y argumentos propios que constantemente estén cuestionando lo que está siendo objeto de estudio en el aula de clase.</p>

Aportes de la experimentación mental en niveles de formación de básica secundaria y formación de maestros.

Aportes de la experimentación mental en el campo de las ciencias

Cabe anotar que dos de las investigaciones citadas de experimentación mental se realizaron con estudiantes de niveles de pregrado y de básica secundaria; por tanto, a través de esta tesis se pretende darle continuidad a la implementación de dicha herramienta, pero en el trabajo con niños de la básica primaria, donde ellos vayan experimentando mentalmente

sin asignarle experimentos previamente diseñados. Se debe reconocer el valor agregado que tiene el uso de esta estrategia para la investigación en el campo de las ciencias, ya que al visualizarse en otros niveles educativos permite mejorar procesos de enseñanza con estudiantes más pequeños, en aras de fortalecer el aprendizaje, y de mejorar la enseñanza de las ciencias. Lo anterior, está acorde con uno de los objetivos de la investigación didáctica: Comprobar la posibilidad de mejorar las estrategias y resultados de la enseñanza escolar en el campo de las ciencias (Cañal, 1991).

Teoría sobre la nutrición vegetal

La nutrición de las plantas ha tenido gran relevancia biológica y curricular. Esta temática ha sido investigada por algunos autores como se relaciona en el siguiente cuadro. Sin embargo, son pocos los estudios en torno a este campo conceptual especialmente con estudiantes de básica primaria, posiblemente por considerar que el tema de la fotosíntesis es poco accesible en este nivel educativo (Cañal, 1991).

Así pues, dicho tópico es un poco compleja de abordar y de comprender por parte de maestros en formación y estudiantes, tal como lo muestra un estudio de Johnstone y Mahmoud, (1980) (como se citó en Cañal, P. 1991) con estudiantes ingleses de secundaria y de pregrado, en el cual determinaron que uno de los asuntos que causó mayor dificultad en éstos, fue la fotosíntesis y la respiración; por ello, es necesario que los maestros promuevan la enseñanza de este concepto con estudiantes más pequeños (9 años) en básica primaria, pues allí también está presente la nutrición vegetal, implementando estrategias diferentes a las tradicionales, que aproximen a los niños hacia los modelos actuales de nutrición vegetal, y así poder obtener aprendizajes más profundos en años posteriores. Lo anterior supone distanciarse un poco de la idea que los niños sólo a los 12 años podrían aproximarse de un modo coherente hacia el aprendizaje de la fotosíntesis como lo señala el equipo de investigación INRP en 1976 dirigido por Host (como se citó en Cañal,P. 1991); se trata más

bien de establecer dicha aproximación desde los 9 años, ya que en este nivel educativo esta temática debe implementarse el currículo, tal como se estipula en los estándares Básicos de Competencias (Ministerio de Educación, 2004).

El concepto de nutrición vegetal ha sido definido biológicamente de manera ambigua en la cual se pasó de una explicación inicial de la nutrición vegetal centrada exclusivamente en el individuo y asimilada a una “alimentación” semejante al animal, a un modelo complejo de nutrición vegetal que supera al individuo al explicarse a nivel celular, y al abrirse a un nivel mucho más global, la dimensión ecológica de la nutrición vegetal (González *et al*, 2014). De este modo, se evidencia la evolución de dicho concepto dejando atrás la idea inicial de nutrición centrada en la alimentación, las formas de captación de los alimentos y en los elementos necesarios para el desarrollo vegetal (agua, suelo, nutrientes).

El modelo actual de nutrición vegetal es más universal porque incluye todos los seres vivos, pero tiende a la especificidad al considerar procesos de orden celular que incluyen reacciones metabólicas como parte de la respiración, y que suceden en las células con pigmentos fotosintéticos. Así mismo esta nueva concepción asume cambios en la funcionalidad, en la cual se sintetiza materia orgánica a partir de la inorgánica en presencia de luz (organismo autótrofo); la materia inorgánica luego es usada para producir materia y energía.

En síntesis, la nutrición trasciende del nivel de individuo al de ecosistemas, pues la presencia de organismos autótrofos explica la entrada y el flujo de energía en el ecosistema. El continuo intercambio de materia de los distintos tipos de organismos (autótrofos y heterótrofos) en el medio explican los ciclos biogeoquímicos. (González *et al*, 2014, p.11).

Antecedentes de la nutrición vegetal

Tabla 4. Antecedente investigativo de la nutrición en plantas

AÑO	AUTOR	APORTES
1976	Equipo de investigación y INRP dirigido por Víctor Host, en concordancia con la línea de pensamiento de (Simpson y Arnold, 1982) (como se citó en Cañal, P. 1991)	<p>Los alumnos conciben la alimentación de las plantas como proceso que se desarrolla tomando sustancias del suelo por las raíces; los alimentos que toma la planta se reducen aquellos que están en el suelo como agua y sustancias minerales.</p> <p>Conciben que los niños de Primaria son incapaces de comenzar el aprendizaje de los procesos de la fotosíntesis sólo hasta los 12 años estaría aproximándose de forma coherente.</p>
1982	Simpson y Arnold (como se citó en Cañal, P. 1991)	<p>Comprueban que los alumnos de primaria estudiados son capaces de emplear adecuadamente el término alimento al hablar sobre los alimentos humanos y da ejemplos espontáneos de los mismos, encontraron que el ejemplo que más causa dificultad es el del almidón esencial en la fotosíntesis.</p> <p>Así mismo constataron que en los estudiantes prevalecen ideas como: Las plantas no usan el aire o lo hacen en sentido opuesto a los animales, consiguen la energía de la comida que toman del suelo, creen que el carbono o los hidratos de carbono son gases.</p> <p>Por otro lado, la respiración la entienden como intercambio gaseoso los niños muestran dificultad con conceptos de gas y energía.</p>
1983	Wandersee (como se citó en Cañal, P. 1991) (Errores conceptuales fotosíntesis)	<p>Toma de la teoría de Van Helmont en su estudio, y establece que los alumnos más jóvenes de 10 años de los Estados Unidos en su mayoría piensan que la tierra de la maceta perderá Mucho peso y una de las razones principales para ellos es que la planta come tierra.</p> <p>La mitad de estudiantes encuestados se les dificulta</p> <p>Decidir si el oxígeno Entra o sale de la hoja durante la fotosíntesis. De igual modo no consideran que el principal trabajo de la hoja es la fabricación de comida, pero, una gran proporción cree que el CO₂ entra en las hojas en un 51% piensa adecuadamente en</p>

		cuanto a la
AÑO	AUTOR	APORTES
		Salida del oxígeno durante la fotosíntesis conoce el papel de la clorofila en general será que la luz solar es necesaria para un buen desarrollo de las plantas y en particular de la fotosíntesis tampoco conoce el papel relevante del co2 como alimento de la plan.
1984	Smith y Anderson Acorde con el estudio de Barker (1985) (como se citó en Cañal, P. 1991)	Reencuentra la idea respecto a que los estudiantes consideran el alimento de las plantas verdes como materiales que toman de sus alrededores, pero no como aquellos que ayudan al crecimiento de la planta o a la producción de energía. Muchos estudiantes tienden a conservar sus conceptos y la luz Sólo sirve para mejorar la salud de la planta.
1990	Giordan (como se citó en Cañal, P. 1991)	En el estudio realizado confirma que un gran porcentaje de los estudiantes de 10 a 12 años han oído hablar del desprendimiento de oxígeno por las plantas; mientras que un 20% creen que la luz es necesaria para la planta como algo que la fortifica como una vitamina o reconstituyente la mayoría conoce la palabra clorofila pero no la hace con la nutrición sino con otras cosas cómo limpiar la atmósfera combatir la contaminación, etc.
1990	Cañal (como se citó en Cañal, P. 1991)	Establecen la presencia de cuatro niveles de construcción entorno a la nutrición vegetal en estudiantes de 9 a 13 años
2011	Luis Horacio Ospina	Los modelos más frecuentes en estudiantes de secundaria son el edáfico una transmutación el flogisto los modelos los estudiantes de nutrición vegetal son el producto de los procesos de enseñanza escolar y de sus experiencias cotidianas de ahí la importancia de

		identificar que es a Vélez ante antes de iniciar el proceso si se requiere un aprendizaje en profundidad.
--	--	---

AÑO	AUTOR	APORTES
2016	Barrutia et al.	<p>El conocimiento sobre la nutrición de las plantas de estudiantes de Educación Primaria y primer ciclo de Secundaria no ha mejorado en las dos últimas décadas a pesar del avance registrado en el conocimiento, las técnicas de enseñanza y los recursos disponibles en este periodo de tiempo.</p> <p>Este tema sigue siendo de los más complejos de la Educación de las Ciencias, y en concordancia con otros trabajos se han detectado que el conocimiento en estudiantes de todos los niveles educativos y acumulan multitud de concepciones alternativas (Köse, 2008; Radanović et al., 2015).</p> <p>Refiere tres elementos causantes de dicho fracaso: La inadecuada formación del profesorado, la metodología empleada en el aula o los textos utilizados. Propone usar enfoques más integrados en la enseñanza de la nutrición vegetal para favorecer la comprensión de los conceptos y procesos (no solo vegetales) enseñados sin conexión. De hecho esta visión puede hacer que el estudiante comprenda mejor problemas globales del planeta cambio climático, hambruna o escasez de combustibles fósiles), en aras de que tomen conciencia y decisiones bien cimentadas en este aspecto.</p>

Antecedentes investigativos sobre la nutrición vegetal en relación con procesos de enseñanza de aprendizaje.

A continuación, se citarán tipologías de nutrición vegetal con base en la teoría de Chávez (2002) y Velásquez (2011), quienes retoman modelos explicativos establecidos a través del tiempo y reconocidos por la comunidad científica.

Tipología de los modelos de nutrición vegetal

Tabla 5. Modelos Explicativos de nutrición vegetal

MODELO	SUBMODELO	PRECURSORES	CARACTERÍSTICAS
Analogía planta - animal	<p>HUMUS</p> <p>Plantas capaces de digerir los nutrientes de la tierra</p>	<p>Hipócrates, Aristóteles, en el siglo IV antes de Cristo.</p> <p>Malpighi (1628-1694)</p>	<p>Se refiere al procesamiento de sustancias. Las plantas consumen sus alimentos de la tierra, y estos alimentos pueden ser digeridos en la tierra misma, o pueden ocurrir transformaciones del alimento en la misma planta.</p> <p>Se considera que la planta obtiene su alimento del exterior, y más concretamente del suelo. La raíz hace las veces de boca. El alimento está constituido por restos vegetales orgánicos (humus). El humus sufre una digestión previa antes de ser captado por el vegetal.</p> <p>La planta es capaz de transformar las sustancias. Los procesos de transformación de las sustancias de las plantas tenían lugar en las hojas (estomago de la planta). En las hojas existían pequeños poros (estomas) con una función excretora.</p> <p>La planta es capaz de transformar las sustancias. Los procesos de transformación de las sustancias de las plantas tenían lugar en las hojas (estomago de la planta). En las hojas existían pequeños poros (estomas) con una función excretora.</p>

MODELO	SUBMODELO	PRECURSORES	CARACTERÍSTICAS
Transmutación		J.B. Van Helmont (1577-1644).	Se considera el agua como material fundamental para el desarrollo de las plantas. Este modelo se refiere a las transformaciones de un material en otros. Las plantas transforman (transmutan) el agua en madera, hojas y raíces.
El modelo del flogisto y los procesos de respiración y nutrición de las plantas		Joseph Priestley (1733-1804). J. Ingenhousz (1730-1799).	Las plantas tienen la capacidad de cambiar el aire viciado por la combustión y/o por la respiración animal. Las plantas tienen un tipo de respiración inversa a la de los animales. Las plantas sólo producen aire deflogisticado (O ₂) en sus partes verdes y en presencia de luz.
Oxido-reducción		Bryan Conant & Nash, 1966; De Wit, 1993).	En ausencia del gas carbónico las plantas no producen oxígeno (Kassou, 1993), y se utiliza en el proceso de síntesis para construir compuestos más complejos, pero en presencia de luz
Modelo actual de fotosíntesis			La fotosíntesis ocurre en organelas específicas llamadas cloroplastos ubicadas en la hoja. Implica un sistema de flujo de electrones. Comprende dos etapas: 1. fotodependiente, ocurre sólo en presencia de luz, se da captación de energía lumínica por clorofilas, se da transporte de electrones y se produce ATP (energía química) 2. Etapa bioquímica o ciclo de Calvin, ocurre de manera independiente de la luz, en esta se gasta el ATP producido en la etapa fotodependiente para generar nutrientes

Modelos explicativos sobre nutrición en plantas desde la teoría de Chávez, 2002 y Velásquez, (2011)

De aquí en adelante se hablará de la experimentación mental en relación con los cuatro criterios previamente considerados en este trabajo: Creatividad, Flexibilidad, manejo de hipótesis y el uso de las narrativas.

Criterios de experimentación mental

En este trabajo se propone analizar la experimentación mental con base en 5 criterios: a) la creatividad (Fryer, 2006), (Torrance, 1974, b) la Redefinición del pensamiento, que será asumida en términos de la flexibilidad como lo plantean Osorio y Aguilar (2011), pero en adelante se reemplazará por este nombre para evitar equívocos con la flexibilidad como componentes de la creatividad. c) Manejo de hipótesis (Jiménez et al., 2007), establecimiento de narrativas (Jiménez *et al*, 2007), como se relaciona a continuación.

La creatividad

Hasta el momento no hay estudios que relacionen la experimentación mental respecto a la creatividad en niños de 8 a 9 años, y su impacto en el cambio de sus modelos explicativos en torno a las ciencias naturales, pero en aras de alcanzar los objetivos propuestos en esta tesis, se estudiarán aspectos relacionados con la creatividad, como referente para valorar la relación existente entre ellos. En primer lugar, se le dará una mirada holística al concepto, luego se estudiará de manera más particular y se tomarán algunos antecedentes sobre la creatividad.

Numerosas son las definiciones en torno a este concepto, algunos autores la han abordado desde diversos aspectos ya sea de modo independiente o de manera conjunta, y son: *el ámbito social, como una contribución a los campos simbólicos de la cultura; y el nivel personal, como un logro individual en cualquier ámbito del desempeño.* (Klimenco, 2008) (Torre, 2003); sumado a lo anterior, en gran parte de la literatura son desarrollados otros elementos importantes al hablar de creatividad: proceso, persona, producto y ambiente (Klimenco, 2008). En este sentido, existe un consenso de varios autores expertos en el tema, afirman que

la creatividad se refiere a: un fenómeno que puede ser generado, alimentado y reproducido al nivel social, mediante un diseño especial de ambientes favorables y estimulantes, tanto para el desarrollo de las características y capacidades creativas de las personas, como para la manifestación de estas, bien sea mediante un proceso o un producto creativo (González, 1994; Martínez, 1998; Mitjan, 1997; Betancourt, 2007; Chibas, 2001) (como se citó en Klimenko, 2008).

Desde una perspectiva más particular, la creatividad ha sido vista como una actividad intelectual que se relaciona con dos tipos de pensamiento: el divergente y el convergente como lo indica Guilford (como se citó en Jiménez *et al.*, (2007)). Según este autor, el primero se relaciona con aquel pensamiento que, ante un problema específico, puede formularse varias respuestas alternativas, mientras que en el segundo sólo es posible una solución determinada. Por eso en esta tesis interesa abordar el primer enfoque, toda vez que es más flexible al igual que los experimentos mentales, los cuales se relacionan con la habilidad que tiene el niño para imaginar y visualizar diversas alternativas (en torno a situaciones del mundo real de la cual no está participando en el momento), que lleven al niño hacia la construcción de inferencias, predicciones, hipótesis, y a extraer conclusiones para luego comunicar el resultado a otros, en aras de resolver el problema (Nersessian, 1992); al respecto Torrance (1974): “La creatividad se refiere a el proceso de descubrir problemas o lagunas de información, formar ideas o hipótesis, probarlas, modificarlas y comunicar los resultados”; años más adelante este autor concibe la creatividad de un modo más integral teniendo en cuenta distintos niveles como: expresivo, productivo, inventivo, innovador y emergente (Torrance, 1998) (como se citó en Jiménez *et al.*, (2007)).

La creatividad también es vista como una actividad imaginativa orientada a tener un resultado original y de valor (*National Advisory Committee on Creative and Cultural Education*, 1999) (como se citó en Klimenko, 2008), en tanto que otros enfoques asumen la

creatividad no como un producto o resultado sino como ir más allá de lo convencional, de manera consciente y ser original de algún modo (Craft, 2000). Otros autores asumen la creatividad de diferentes formas que se resumen a continuación:

Tabla 6. Características de la creatividad

AUTOR	CARACTERÍSTICA
Seltzer y Bentley (1999) (como se citó en Klimenko, 2008).	Se relaciona con la aplicación de conocimientos para lograr una meta, a través de 4 aspectos: la capacidad de identificar nuevos problemas, la posibilidad de transferir el conocimiento adquirido en un contexto a otro con el fin de resolver un problema; una creencia en el aprendizaje como un proceso gradual, en el que los intentos repetidos eventualmente conducen al éxito; la capacidad de concentrarse en la realización de un objetivo o conjunto de objetivos.
<i>National Curriculum Handbook for Primary and Secondary Teachers</i> (1999), (como se citó en Klimenko, 2008).	A partir del pensamiento creativo el estudiante genera y extiende sus ideas, sugiere hipótesis, aplica la imaginación y busca resultados innovadores alternativos.
CAPE UK (1998) (como se citó en Klimenko, 2008)	Se relaciona con: la libertad de expresión, el pensamiento imaginativo/asociativo, y el pensamiento crítico.
Margaret A. Boden (1994), Sternberg (1997), Aníbal Puente Ferreras (1999), Mihaly Csikszentmihalyi (1998), Manuela Romo (1997), Saturnino de la Torre (2003), América González (1994), Marta Martínez Llantada (1998), Albertina Mitjans Martínez (1997), etc (como se citó en Klimenko, 2008)	Los procesos de pensamiento y habilidades ordinarias, comunes a todas las personas, y que una definición de la creatividad basada en la descripción de tipos de procesos de pensamiento y estructuras mentales involucrados en esta, permite llegar a controlar la paradoja implícita en las definiciones de la creatividad como algo misterioso.
Sternberg (como se citó en Aníbal Puente Ferreras, 1999)	Relaciona la creatividad con los procesos cognitivos, y con los componentes metacognitivos y de autorregulación, incluyendo la emocional y motivacional.
David Perkins (tomado por Margaret A. Boden, 1994), (como se citó en Klimenko, 2008)	Se apoya en los conceptos de inteligencia artificial y los principios computacionales para definir la creatividad.
Margaret A. Boden (1994), (como se citó en Klimenko, 2008)	Es un aspecto de la inteligencia en general y a su vez involucra muchas capacidades humanas ordinarias. Exige un conocimiento experto y requiere un desarrollo habilidoso de un gran número de destrezas psicológicas cotidianas, tales como observar, recordar y reconocer, cada una de las cuales involucra a su vez procesos interpretativos sutiles y estructuras mentales complejas.

Procesos de caracterización de la creatividad dados por diferentes autores que han explorado este campo.

Es común que diversos autores mezclen varios de estos aspectos a la hora de conceptualizar la creatividad, ya que la división entre los mismos es artificial y se hace con fines académicos de definición conceptual.

Es evidente que la creatividad ha tenido un proceso evolutivo. Ha pasado de ser vista como una habilidad o don especial al alcance de unos pocos a ser concebida como un logro basado en las habilidades ordinarias que todos comparten, que se alcanza gradualmente mediante adquisición de un nivel cada vez mayor de experticia por medio de la práctica y el esfuerzo constante. Es posible que la mayor cantidad de las personas podrán aspirar a lograr un buen grado de creatividad personal y tal vez histórica también (Klimenko, 2008).

Este término desde el punto de vista etimológico, se deriva del vocablo latino *creare* que significa crear, hacer algo nuevo (Torrance, 1974). Sin embargo, este último aspecto no se tendrá en cuenta en esta tesis, interesa más bien aquellas formas nuevas a partir de otras ya creadas a las que se da una nueva utilización (Vázquez, 2000), aspecto relacionado con la teoría de Fryer (1996) quien aduce que: "... Lo importante no es si el resultado es nuevo o no (en el sentido de que no ha sido descrito anteriormente), sino si es experimentado como una nueva experiencia para un estudiante en particular" (p.10).

Para investigar la creatividad del niño en los experimentos mentales se estudiará la perspectiva de Torrance (1974) que propone los siguientes componentes: originalidad, fluidez, flexibilidad y elaboración. Con base en lo descrito, los experimentos mentales serán valorados de acuerdo a esta propuesta de Torrance (1974); sin embargo, conviene aclarar que la originalidad se estudiará bajo la perspectiva de Fryer (1996), pues éste asume dicho componente desde una mirada poco absolutista que permite considerar dicho criterio relativo a cada alumno en particular, y los demás componentes serán revisados bajo el pensamiento de Torrance (1974), como se describe a continuación.

La originalidad

El enfoque que interesa abordar en este trabajo es el de Fryer (1996), quien propuso estudiar la creatividad de un modo relativo a cada estudiante, ya que realizó un estudio con maestros y detectó algunas dificultades al aplicar ciertas taxonomías de criterios para valorar la creatividad, pues era absolutista, e impedía entender la novedad en el contexto escolar; por tanto, este autor cuando estudia la creatividad concibe como uno de sus elementos la “originalidad”, término que según él no se refiere a que el resultado es nuevo o no (en el sentido de que no ha sido descrito anteriormente), sino que es preciso analizar si es experimentado como una nueva experiencia para un estudiante en particular, caso contrario al pensamiento de Torrance (1974), quien concibe la originalidad desde como algo único o diferente, y está relacionada con la habilidad para dar respuestas novedosas, poco convencionales, lejos de lo establecido y usual, (como se citó en Jiménez *et al.*, 2007). Así pues, en el caso de los experimentos mentales la originalidad se determina a partir de las respuestas menos usuales de los estudiantes analizados, las cuales se contrastan con las respuestas que más lo son dadas por otros 5 compañeros del mismo curso, como se describe en el análisis. Con base en lo anterior, se propone medir este componente del mismo modo que lo hace Torrance (1974), pero teniendo en cuenta el referente de Fryer (1996).

Como se había dicho antes, los otros tres componentes de la creatividad 1. La elaboración, 2. La flexibilidad y 3. La fluidez) serán abordados desde la perspectiva de Torrance (1974) (como se citó en Jiménez *et al.*, 2007) ya que ofrece una perspectiva más global para estudiar la creatividad aplicada en estudiantes de la básica primaria, independientemente del nivel intelectual, lo cual está acorde con lo establecido en el presente estudio. Dichos componentes serán abordados a continuación:

1 La elaboración

En la línea de Jiménez *et al.* (2007) consiste en fijarse en los detalles mínimos que se deben ver en un dibujo. Una vez se tenga claro cuáles son los detalles mínimos que tiene que tener este último (en este caso sobre nutrición vegetal), para que represente lo que el niño quiere, se le otorgan puntuaciones dependiendo de varios aspectos (ver análisis de la elaboración):

- Si usa color o añade cosas al dibujo, si utiliza sombras evidentes o claras.
- Si decora o añade elementos que embellecen el dibujo (para ello se aísla el dibujo del escenario que lo acompaña de modo que lo que sobre es la decoración “elementos secundarios”).
- Cuando añada detalles que mejoran la idea, pero que no son necesarios para representar la idea base. Una forma de hacerlo es diferenciando los elementos básicos de los que no lo son.
- Si coloca el título siempre y cuando no sea una mera descripción, sólo si hace referencia al significado de lo que se quiere representar, de modo que no se incluyan características perceptuales del objeto representado: color, forma, tamaño, grosor.

2 Flexibilidad:

Este componente se asume como la habilidad que posee el estudiante para redefinir sus ideas, replantearlas, y transformar procesos en cada uno de sus experimentos mentales, en aras favorecer el cambio de un enfoque a otro, y así producir nuevas ideas que conlleven a la solución de un problema. Lo anterior se toma con base en el pensamiento creativo de Torrance (como se citó en Jiménez *et al.*, 2007) el cual define la flexibilidad como: “la característica de la creatividad mediante la cual se transforma el proceso para alcanzar la solución del problema o el planteamiento de éste. Comprende una transformación, un cambio, un replanteamiento o reinterpretación. En definitiva, es

la capacidad consistente en producir diferentes ideas para cambiar de un enfoque de pensamiento a otro y para utilizar diferentes estrategias de resolución de problema”. Para valorar este componente se tuvieron en cuenta tanto las expresiones verbales como las figurativas, y se utilizó un instrumento de medición, el cual es una adaptación al test creativo de Torrance, 1974 (como se citó en Jiménez *et al.*, 2007); es preciso aclarar que para hacer la medición se tuvo que realizar un proceso de categorización verbal y figurativa para poder medir el nivel de creatividad.

3 La fluidez

Es considerada como la habilidad para producir un número elevado de respuestas o ideas en un campo determinado, a partir de estímulos verbales o figurativos. Para la valoración de este aspecto, se crearon unos criterios de valoración (ver análisis) tanto para expresiones verbales y también para las escritas (Jiménez... *et al.*, 2007). Para valorar este componente en el análisis fue posible identificar en cada uno de los experimentos mentales, las expresiones verbales y figurativas empleadas por los estudiantes en torno al concepto de nutrición vegetal.

Hasta aquí se han descrito los componentes de la creatividad, considerada en esta investigación como uno de los criterios de experimentación mental. En adelante se estudiarán los otros tres criterios (redefinición del pensamiento, manejo de hipótesis y establecimiento de narrativas).

Redefinición del pensamiento en la experimentación mental

Este criterio consiste en la capacidad del estudiante para repensar sus ideas cuando experimenta mentalmente en torno a la nutrición en plantas, de modo que puede realizar versiones diferentes del mismo escenario para contrastar los postulados situados Osorio y Aguilar (2011) (como se citó en Castaño, 2014); sobre este aspecto la experimentación mental puede ser *la construcción de un modelo dinámico en la mente*, a través del cual el

estudiante empieza a imaginar y a expresar una serie de eventos que irá replanteando mientras experimenta mentalmente en torno a una potencial situación o problema del mundo del que no está participando en ese momento (Nersessian,1992). Por lo cual se podría pensar que dicho dinamismo está relacionado con la redefinición del pensamiento.

Manejo de hipótesis

En este sentido Nersessian (1992) afirma que el experimento mental se refiere a una “construcción del pensamiento dinámico en la que la mente del científico (Modelo simulado) en el cual imagina una serie de eventos y procesos e infiere resultados...” (p.292). La autora también afirma que en los experimentos mentales el científico razona de manera que puede anticipar, imaginar, visualizar diversas alternativas que conlleven a hacer predicciones y a sacar conclusiones sobre situaciones potenciales del mundo real. En relación con lo anterior, en este trabajo se propone a los estudiantes una situación del mundo real al iniciar su experimento mental (de la que no está participando en el momento), y a partir de allí imagina una serie de eventos, que lo llevan a razonar sobre lo que imaginó (modelo simulado), y también a hacer inferencias, predicciones, visualizar alternativas y sacar conclusiones, en aras de solucionar el problema inicial. Es posible que en este proceso de razonamiento no sólo incluya diferentes tipos como de inferencia y de predicción, sino que también se puede dar lugar a la construcción de hipótesis por parte del estudiante que le ayuden a solucionar el problema, lo cual está en relación con Aguilar y Romero, (2011): “Los experimentos mentales se visualizan como la construcción de escenarios hipotéticos donde las circunstancias emergen de consecuencias igualmente creadas por el sujeto”. (p.172)

Es de anotar que existen estudios que confirman que desde etapas muy tempranas se dan proceso de razonamiento en el niño, al respecto Gillièron (1985) sostiene: “la educación científica temprana y a la racionalidad mejorante, son fuente inspiradora de nuevas formas de aprendizaje, y son fuente de apoyo para la enseñanza de las ciencias ya que posee

herramientas cognitivas que permiten mejorar su realidad” (p.90). En concordancia con lo anterior dicha racionalidad se da cuando en el proceso cognitivo existe la exigencia de dar respuestas a problemas previamente planteados, (como se citó en Collantes y Escobar, (2016); sumado a lo descrito, la racionalidad científica emplea como herramienta las hipótesis para dar lugar a la construcción de posibles respuestas orientadas a conseguir un fin, como lo indican Puche, Colinviaux & Dibar (como se citó en Collantes y Escobar, 2016).

Así pues, los niños también formulan hipótesis desde edades tempranas y hacen procesos de razonamiento que le ayudan a desarrollar sus estructuras cognitivas; al respecto Collantes y Escobar (2016).

Los niños siempre piensan bien y formulan hipótesis, aunque no por ello podemos decir que son científicos, en términos de la representación que circula socialmente; no obstante, capturan, observan, analizan, planifican, forman sus propios conceptos, realizan conexiones, aplican sus habilidades en la atención a los detalles, elaboran sus propias conjeturas que en algún momento verbalizan. La socialización con sus iguales, el juego con los adultos, el enriquecimiento de su entorno, todo aquello favorece el desarrollo de sus estructuras cognitivas. (p.90).

Así es como los procesos de razonamiento también se dan al interior de los experimentos mentales, en los cuales los niños elaboran sus hipótesis para solucionar los problemas planteados ; sin embargo, no todas las hipótesis creadas por los niños son de mismo tipo; diversos autores han realizado procesos de categorización de las mismas (de acuerdo con la edad) en los cuales es posible visualizar características puntuales que las identifican y las hace diferenciar, en este sentido Collantes y Escobar (2016), en un estudio realizado a niños entre los 4 y 8 años de edad encontraron que éstos construían hipótesis de diversas clases como herramienta para el pensamiento científico. A continuación, se relacionan las clases de hipótesis según estos últimos autores que retoman varias investigaciones para definirlas, y

sirve como referente para este trabajo y en particular como punto de apoyo para el análisis de las hipótesis concebidas por los estudiantes mientras experimentaban mentalmente.

Clasificación de las hipótesis

En el estudio realizado por Collantes y Escobar (2016), visualizaron diversos tipos de hipótesis formuladas por los niños, las cuales aparecieron en el siguiente orden: hipótesis de conocimiento previo, hipótesis de relación, hipótesis Perceptiva, hipótesis de causalidad, hipótesis de relación compuesta, hipótesis alterna, hipótesis de conexión, hipótesis de desplazamiento, y en último lugar la hipótesis científica.

Tabla 7. Clasificación de las hipótesis

TIPO DE HIPÓTESIS	CARACTERÍSTICAS
Hipótesis de conocimiento previo	Es formulada por la comprensión; el niño y la niña utilizan un juicio práctico, reconocen las demandas que se exigen, además de hacer conexiones y relación con elementos previos.
Hipótesis de relación	Son usadas por niños entre edades de 5, 6 y 7 años. Está guiada por objetivos, Requiere del conocimiento, la información, la comprensión verbal, la memoria, la atención y el significado que para la niña y niño tengan ciertos eventos y elementos mientras las relaciona perfectamente con el contexto de las situaciones.
Hipótesis perceptiva	Se da por expectativas al percibir un estímulo; tienen un propósito, Parte de la percepción visual con los objetos de la situación. Da lugar a adquirir conceptos sobre la naturaleza, los animales, la comida y su función en cada ser, del hábitat. Se establecen conclusiones simples, pues no se alcanza a visualizar todo el contexto de la situación. Permite el uso de herramientas cognitivas (inferencia, clasificación, planeación y experimentación). Es de advertir que los que formulan este tipo de hipótesis se mantienen en ella, y no la modifican después.
Hipótesis de causalidad	Tienen en cuenta las consecuencias o contingencias de sus acciones al momento de dar solución a las distintas situaciones (relaciones causa/efecto).

TIPO DE HIPÓTESIS	CARACTERÍSTICAS
Hipótesis de relación compuesta	Son usadas por los niños y niñas de 6 y 7 años, considerando las relaciones funcionales entre la mayoría de los elementos que forman parte de la situación.
Hipótesis alterna	Se da cuando el niño ante la situación problema presenta varias respuestas alternas para la solución del problema, que, a su vez, son frecuentemente reformuladas.
Hipótesis de conexión	<p>Son usadas por los niños de 7 años. Se Requiere la conexión con todas las variables de la situación, haciendo el pensamiento se descentre.</p> <p>Son capaces de introducir nuevos elementos en el problema, creados por ellos mismos y de forma fantástica;</p> <p>Se evidencia un aumento en la capacidad para planear, comprender y hacer conexiones con un grado mayor de complejidad.</p>
Hipótesis de desplazamiento	<p>Se formula preferiblemente a los 7 años.</p> <p>Posee características de la hipótesis receptiva unida al conocimiento y sentido común, favoreciendo el cambio de perspectivas.</p> <p>Las inferencias que se realizan permiten introducir mentalmente elementos particulares de una situación anterior a situaciones nuevas, interrelacionándolas entre sí, a partir de un conocimiento previo y de la comprensión verbal, aspectos que son complejos para niños de esta edad.</p>
Hipótesis científica	Requiere ser formulada involucrando todos los elementos y las variables de la situación, de tal forma que su orientación permita alcanzar la meta. Los niños ubicados en ella deben presentar la capacidad para la solución de problemas, que radica en el conocimiento previo, creativo y complejo. Sus explicaciones son más elaboradas, con una justificación clara y conclusiones lógicas con relación al problema.

Clasificación de las hipótesis elaboradas por niños entre 4 y 8 años de edad con sus correspondientes características de acuerdo a la teoría de collantes y escobar (2016).

Establecimiento de narrativas

Las narrativas, más allá de un discurso que el estudiante plantea en el experimento mental, serán asumidas en esta tesis como una forma de pensamiento (Adúriz, 2016) “que requieren

del empleo de la racionalidad narrativa” (Izquierdo-Aymerich, 2014, pp.14-15), que en términos de Nersessian (1992) serían formas de razonamiento, las cuales favorecen la comprensión y por ende el aprendizaje del niño en torno a diversas temáticas (en este caso acerca de la nutrición en plantas).

El impulso de la racionalidad narrativa se conecta con la propuesta de Nersessian (1992), ya que los dos promueven el razonamiento a la hora de realizar narraciones; sin embargo, éste último, considera formas de razonamiento, pero aplicado a modelos simulados donde los “experimentadores del pensamiento razonan mediante la manipulación de modelos mentales de la situación representada en el pensamiento experimental narrativo” (Nersessian, 1992, pp.291-292).

Al visualizar las narrativas usadas en los experimentos mentales por parte de los estudiantes, se evidenciaron algunos aspectos característicos que están en relación con la perspectiva de Nersessian (1992) y Cooper (1990), (como se citó en Benítez, 2008) y que marcan la pauta para analizar la narrativa en los experimentos mentales: 1. Contexto físico, 2. uso de tópicos, 3. Referencia de personajes; 4. Secuencias de eventos, y 5. Comunicación. Los tres primeros elementos se estudiarán bajo la perspectiva de Cooper (1990), en tanto que los otros dos aspectos se estudiarán en la línea de Nersessian (1992), tal como se describen a continuación:

1 Contexto físico:

Este aspecto se refiere al escenario en el cual ocurren todos los eventos, y puede ir de lo más simple a lo más multifuncional (Benítez, 2008), esto es relación contexto-acción-trama. El escenario utilizado por el E3 en los tres experimentos mentales corresponde a la misma planta (ver tabla 5 de anexos) la cual visualiza interna y externamente y trata de explicar los fenómenos que acontecen en ella, por lo cual se puede decir que las acciones ocurren en escenarios determinados (Benítez, 2008).

2 Uso de tópicos o elementos teóricos:

Se determina según los tópicos a los cuales hace alusión el niño en su experimento mental, este aspecto según Cooper (1990) se trata del tema de la historia, que puede ser explícito o implícito, es la idea fundamental en torno a la cual gira la totalidad de ella (como se citó en Benítez, 2008). Así mismo, tiene en cuenta el escenario que "es el lugar y la época en el que sucede la historia.

3 Referencia de personajes:

Este componente tiene que ver con los personajes humanos o entidades no humanas que hacen posible la comprensión y el recuerdo, lo que en palabras de Avraamidou y Osborne (2009) serían “agentes”, considerados por este autor como uno de los elementos esenciales en una narración, (como se citó en Adúriz & Revel (2016).

4 Describe secuencias de eventos:

Este elemento se refiere a la configuración y la secuencia de una serie de eventos que suceden. En el caso de los experimentos mentales el estudiante imagina esta serie de eventos y a partir de allí hace inferencias y obtiene unos resultados. En términos de Nersessian (1992):

El experimento mental original es la construcción de un modelo dinámico en la mente por parte del científico que imagina una secuencia de eventos y procesos que conllevan a predecir e infiere resultados sobre potenciales situaciones del mundo real, de las que no están participando en ese momento y luego las comunica a otros. (p.292)

Existen estudios que confirman que cuando el estudiante relata algo que sucede seguido de otros eventos (sus consecuencias, está potenciando las narrativas (Norris et

al., 2005), (como se citó en Adúriz & Revel (2016). Cabe recordar que en los experimentos mentales no se dan instrucciones para imaginar, ni para pensar. Así pues, el estudiante utiliza la narrativa para comunicar el experimento mental a otros, como se expresa a continuación.

Comunicación y narrativas

Este componente se presenta cuando el estudiante da a conocer a otros el experimento, lo comunica para que ellos construyan y ejecuten la simulación correspondiente y, presumiblemente, obtengan los mismos resultados (Nersessian, 1992). Es así como las narraciones hechas en cada experimento mental por parte de los estudiantes requiere del uso de las narrativas o relatos que son asumidos como “medios para comprender y hacer comprender a otros, en el cual el usuario no es capaz de identificar por qué entiende más y mejor a partir de él” (Bruner, 2002, p.3) : “nuestras intuiciones sobre cómo hacer una historia o cómo entenderla correctamente son tan implícitas, nos resultan tan inaccesibles, que fracasamos cuando tratamos de explicarnos a nosotros mismos, o a alguien poco convencido, qué hace de algo una historia [...]. (p.692), (como se citó en Adúriz & Revel (2016). Lo anterior, requiere de una mirada metacognitiva, de modo que el niño realice de manera consciente los procesos de razonamiento a la hora de experimentar mentalmente; sin embargo, este aspecto no será abordado en este trabajo, pero puede ser un elemento para incluir en futuras investigaciones.

Una característica de los experimentos mentales consiste en que tienen formas narrativas (Nersessian, 1992), que incluyen representaciones visuales y guían al lector en la construcción de un análogo estructural de la situación descrita y hace inferencias a partir de la simulación de eventos y procesos descritos en él; dicha simulación se da en concordancia con la manera como suceden las cosas en el mundo; al respecto Nersessian (1992) comenta: “...los

experimentadores del pensamiento razonan mediante la manipulación de modelos mentales de la situación representada en el pensamiento experimental narrativo” (p.292). Es de reconocer que el lenguaje tiene un papel fundamental en relación con la construcción de la simulación mental, pero en este proceso también intervienen otros factores: “las operaciones que los experimentadores realizan en la ejecución del experimento no están en las representaciones lingüísticas, sino en el modelo que la narrativa les ha permitido construir” (Nersessian, 1992, p.292). Este autor también afirma que, al comprender el significado de una narrativa, las expresiones lingüísticas ayudan al lector / oyente a construir un modelo mental y a razonar sobre la situación.

Es de resaltar que la comunicación puede presentarse desde lo más apegado al contexto hasta demostrar que existe conciencia de una audiencia, y el lenguaje puede ir de lo más literal a lo más simbólico (Benítez, 2008). En este sentido, es probable que la comunicación se relacione también con procesos metacognitivos de manera que ésta pueda ser visualizada de un modo más holístico.

Nersessian, (1992), considera que los experimentos mentales emplean las formas narrativas para su presentación y comunicación dentro de una comunidad científica. De igual manera para Georgiou (2005) la experimentación mental está relacionado con la narrativa, la cual se construye para describir la configuración y la secuencia para luego comunicar a otros la experiencia (como se citó en Barrera y Builes, 2016) como base la comunicación del mismo a otros. La Creatividad será analizará con base en el pensamiento de Torrance que definió la creatividad como “el proceso de descubrir problemas o lagunas de información, formar ideas o hipótesis, probarlas, modificarlas y comunicar los resultados” (como se citó en Jiménez *et al.*, 2007).

La presente investigación se orienta hacia un tipo de estudio que gira en torno a problemas investigativos que buscan la relación existente entre la experimentación mental y el

aprendizaje sobre el concepto de nutrición en plantas en aras de favorecer el aprendizaje en torno a ésta temática en los estudiantes del grado cuarto del Instituto Técnico Superior de la ciudad de Pereira. Lo anterior se realizó aplicando una unidad didáctica de experimentación mental junto con su correspondiente análisis, de acuerdo a cuatro criterios de experimentación mental propuestos: 1. Creatividad (con sus componentes originalidad, elaboración, flexibilidad y fluidez); 2. Redefinición del pensamiento; 3. Manejo de hipótesis y 4. Establecimiento de narrativas. Dichos criterios están en consonancia con las funciones que han develado los experimentos mentales a través de la historia.

Capítulo 3

Metodología

En el presente capítulo se muestra el enfoque metodológico utilizado y se describen las categorías de análisis, el diseño de la investigación, el contexto investigativo, la población y los instrumentos utilizados para la recolección de los datos. Por último, se explica el proceso que permitió realizar la codificación y el análisis de la información, mediante la triangulación de los datos de diversas fuentes.

3.1. Enfoque metodológico

Esta investigación establece un enfoque cualitativo-descriptivo de corte comprensivo, que unido al estudio de casos permitirá conocer la relación entre la experimentación mental realizada por los estudiantes, y el aprendizaje del concepto de nutrición en plantas. El carácter descriptivo permite especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice (Hernández *et al.*, 1998)

La investigación es de tipo educativa, se tienen en cuenta las interacciones que suceden dentro del aula:

Se hace sobre procesos y objetos que se llevan a cabo o se encuentran de puertas para adentro de la escuela, pero no sólo físicamente, sino que ocurren en el interior del proceso educativo, sean propios de lo pedagógico (pedagogía y didáctica)”

Briomes, (1996)

El enfoque cualitativo se basa en las expresiones escritas realizadas por los estudiantes. Taylor & Bogdan (1986) señalan que este tipo de investigación “(...) produce datos descriptivos: las propias palabras de las personas, habladas o escritas”

Las categorías analizadas en este proceso investigativo fueron: Primero, la experimentación mental, donde se tuvieron en cuenta cuatro criterios; La creatividad Torrance (como se citó en Jiménez...*et al.*, 2007), la flexibilidad, manejo de hipótesis, y el

establecimiento de narrativas que cada uno de los estudiantes utilizó para experimentar mentalmente acerca del concepto de nutrición en plantas. Segundo, la nutrición en plantas desde la teoría de Chávez, (2002) y Velásquez (2011) con los principales modelos explicativos de nutrición en plantas.

3.2.Contexto de la investigación

En aras de conocer cómo los estudiantes cambian sus modelos explicativos al experimentar mentalmente se utilizó un enfoque constructivista, con una propuesta de experimentación mental basada en cuatro criterios, para el aprendizaje del concepto nutrición en plantas. Se emplearon 5 instrumentos de lápiz y papel, los cuales incluían preguntas cortas (Campanario, 2000), que indagaban por la habilidad para experimentar mentalmente y así mejorar su comprensión en torno al concepto nutrición en plantas. Cabe anotar que los conceptos estudiados se hicieron en un proceso de formación con un estudiante de cuarto de primaria del Instituto Técnico Superior de Pereira. Se realizaron 9 sesiones distribuidas en 6 semanas con una intensidad de 5 horas semanales.

Estudio de caso

Esta tesis desea indagar sobre un caso de estudio en la línea de pensamiento de Yin, (1984) (como se citó en Cortés, 2008) quien apuesta por el estudio de casos como método de investigación para estudiar temas que son relativamente nuevos, como lo es la experimentación mental. Si bien ésta ha sido estudiada desde tiempo atrás en las ciencias y otros campos disciplinares, aún no ha permeado todos los niveles de educación formal, como en el caso de la básica primaria, y tampoco se han referido estudios de dicha experimentación en relación con la nutrición vegetal en este grado de escolaridad. Por lo anterior, vale la pena empezar a considerar el estudio de hechos y situaciones en relación con un caso en particular

por medio de la exploración Jiménez (2005) (Tomado de Cano y Zapata, (2013), en la cual se desean conocer los modelos explicativos de un estudiante en torno al aprendizaje sobre nutrición vegetal, a partir de la experimentación mental. Esta investigación posee un enfoque cualitativo y se basa en las expresiones escritas realizadas por los estudiantes, Taylor & Bogdan (1986) señalan que este tipo de investigación “ (...) produce datos descriptivos: las propias palabras de las personas, habladas o escritas” (p.3).

Características metodológicas de la investigación

La investigación se basa en el enfoque metodológico de estudio de casos, Al respecto Yin señala que el estudio “es una investigación empírica que estudia un fenómeno contemporáneo dentro de su contexto de la vida real, especialmente cuando los límites entre el fenómeno y su contexto no son claramente evidentes” (Yin, 1994, p.13) (como se citó en Cortés, 2008). Por otro lado, Robson (1997), citado por Jiménez (2005) (como se citó en Cano y Zapata, (2013), define el estudio de casos como el conocimiento detallado e intensivo, desarrollado de un caso específico y particular y en su contexto original, y cuyo objetivo principal, es explorar tratando de encontrar impresiones sobre lo que está sucediendo en la situación. La delimitación del tipo de estudio, corresponde a la clasificación presentada por Yin (2009), (como se citó en Cortés, 2008) el cual corresponde al caso de estudio tipo I, donde se presentan diseños para un solo caso, considerado holísticamente como una sola unidad de análisis.

Descripción del caso

Características del Centro Educativo

Esta investigación se lleva a cabo con 1 estudiante del grado cuarto de básica primaria, en el área de Ciencias Naturales, en la sede básica primaria “Mariela Lemus” perteneciente al

Instituto Técnico Superior, ubicada en el casco urbano de la ciudad La sede Mariela Lemus cuenta con 10 cursos distribuidos entre preescolares hasta grados cuartos, cada uno de los cuales es orientado por una docente directora de grupo quien se encarga de dictar todas las áreas. Esta sede está conformada por estudiantes cuyos núcleos familiares se encuentran en estratos socioeconómicos 2 y 3 respectivamente. La institución no cuenta con población propia del mismo sector donde se ubica; sino que provienen de diversos sectores de la ciudad de Pereira. La ciudad de Pereira se encuentra ubicada junto a la Cordillera Occidental y es uno de los 14 municipios que conforman el departamento de Risaralda. Cuenta aproximadamente con 472.000 habitantes basados una economía muy diversa, en la que el sector económico más relevante es el de la construcción, los servicios, del comercio (DANE, 2017) (Alcaldía de Pereira, 2014-2016).

Características del participante

En este trabajo investigativo participó de manera voluntaria 1 estudiante que en adelante se llamará E3 en aras de proteger su identidad, el cual tiene nueve años de edad y se encuentra matriculado en la Institución educativa desde el grado preescolar, actualmente se halla en el grado cuarto. El niño es muy organizado tanto con sus labores académicas como con la presentación personal; Su desempeño académico es bueno sin llegar a altos niveles de excelencia, posee habilidades para el trabajo cooperativo y muestra mucho interés por las situaciones de aprendizaje en torno a las Ciencias Naturales. Todo lo anterior unido el acompañamiento familiar del niño ha servido de apoyo para el avance en el proceso de formación.

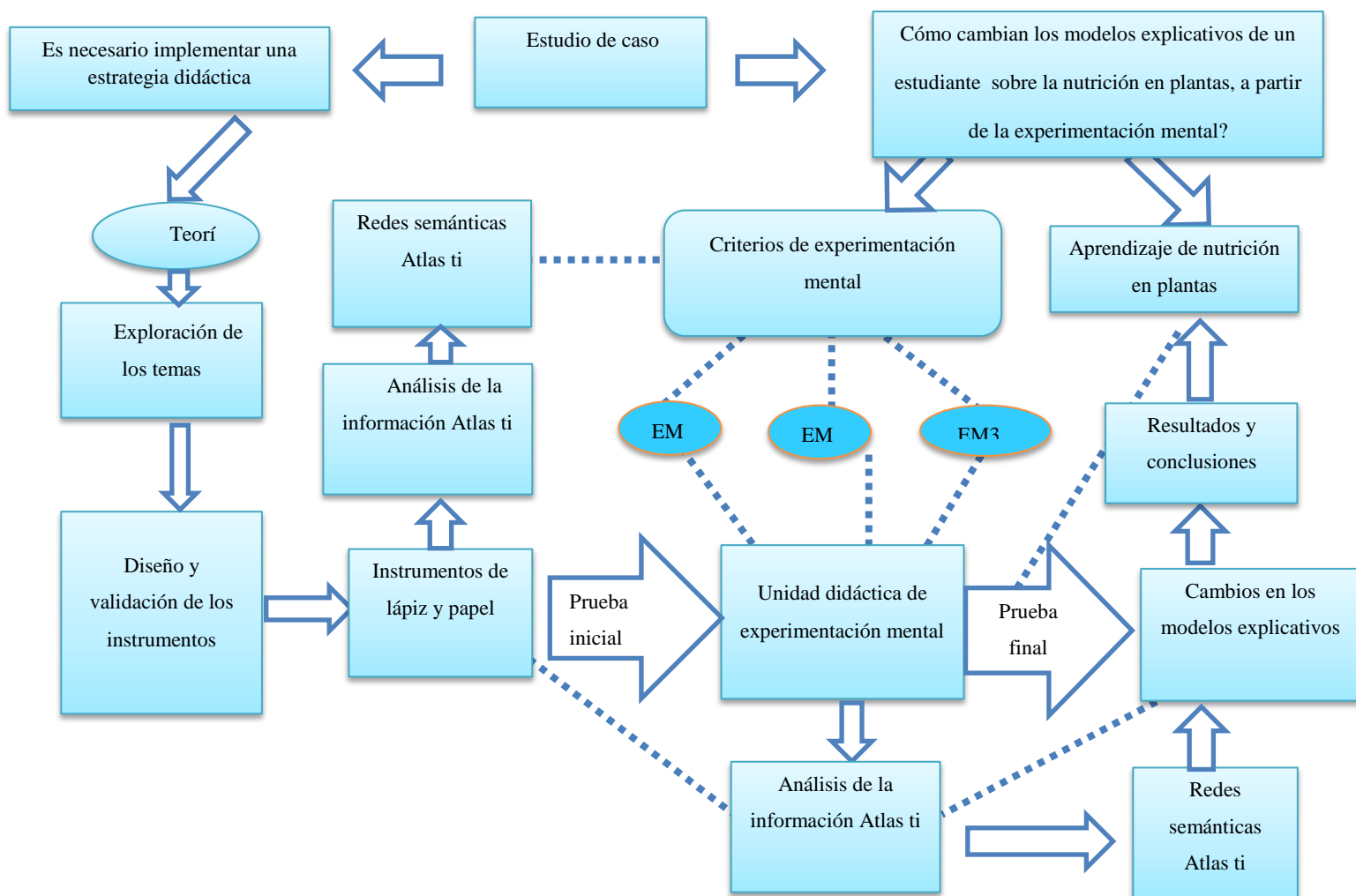
Es de anotar que el niño se ha enfrentado al ejercicio de la experimentación mental con sentido de superación y progreso como si fuera un reto personal y a la vez académico, dado

su grado de dificultad, por lo cual el niño contaba con la motivación necesaria para abordar este proceso y finalizarlo adecuadamente.

3.3. Diseño metodológico

El diseño metodológico (ver figura 1) de esta investigación es de corte de tipo descriptivo-comprensivo, que abarca varios aspectos en el proceso de aprendizaje: la experimentación mental y la nutrición vegetal, categorías que enmarcaron la elaboración tanto de la unidad didáctica como de los instrumentos de recolección de datos. A continuación, se ilustra el diseño metodológico seguido en la investigación.

Figura 1. Diseño metodológico



Diseño metodológico de la investigación donde se representan cada una de las fases del proyecto de investigación.

Fases del diseño metodológico

El diseño metodológico se enmarca desde la necesidad de implementar una estrategia didáctica diferente a las convencionales, como es la experimentación mental en aras de mejorar el aprendizaje de un estudiante en torno a la nutrición en plantas en la sede 2 de la Institución educativa Técnico Superior.

Fases del proceso metodológico

Fase 1:

De acuerdo a la teoría y al tema objeto de estudio (la nutrición en plantas), se determinaron los subtemas para abordar en la unidad didáctica en concordancia con los intereses de los estudiantes.

Fase 2:

En esta fase se valida y se plantea el diseño y la aplicación de diversos instrumentos de lápiz y papel para la recolección de datos; en principio se aplica una prueba inicial para indagar sobre los modelos explicativos iniciales del estudiante en torno a la nutrición en plantas, y se detectan los obstáculos epistémicos.

Fase 3:

Desde un enfoque constructivista se aplicará la unidad didáctica centrada en la nutrición en plantas, en el marco de la experimentación mental. Esta unidad a su vez estaba formada por tres instrumentos de lápiz y papel, los cuales fueron desarrollados en nueve sesiones programadas.

Fase 4:

Se vuelve a aplicar el instrumento inicial a la unidad didáctica para evidenciar los cambios surgidos en los modelos explicativos del estudiante, con el fin de determinar si la experimentación mental ayudó a forjar dichos cambios y por ende a mejorar el aprendizaje de nutrición en plantas.

Población

Para Tamayo (2000):

...el conjunto de elementos que posea la característica definitoria es lo que determina la población, la cual es la totalidad del fenómeno de estudio en donde las unidades poseen esa característica común, la que se estudia y produce los datos para la investigación. (p.114)

Para tal fin el presente trabajo se desarrolla con un estudiante que mostró mayor dedicación y esmero en la realización de dichos experimentos y se diferenció de los demás por su grado de resistencia ante la realización de los experimentos mentales “aunque al principio quería declina, pero luego decidió continuar con el trabajo., Así mismo, se tuvieron en cuenta otros aspectos como:

- 1 El buen desempeño académico de los estudiantes.
- 2 Compromiso y dedicación en cada una de las actividades propuestas.
- 3 Culminación de las diversas etapas de la implementación de la secuencia.

Instrumentos utilizados para la recogida de datos

Para la recolección de la información fue necesario diseñar y emplear instrumentos de lápiz y papel, los cuales fueron validados por expertos (docentes de la línea de investigación de la maestría); dichos instrumentos se orientaban hacia el estudio de los cambios de los modelos explicativos de los estudiantes mientras experimentaban mentalmente en torno al tema de nutrición vegetal; para ello, fue necesario introducir preguntas cortas que debían ser contestadas de manera individual en un lapso de 3 sesiones. En la unidad didáctica se incluye una prueba inicial (aplicada antes de la unidad didáctica) y una prueba final, la cual fue realizada 8 días después de realizar la unidad didáctica.

Tabla 8. Instrumentos empleados durante la unidad didáctica

INSTRUMENTO APLICADO	OBJETIVO
Prueba inicial	Indagar por los modelos explicativos iniciales de los estudiantes sobre la nutrición en plantas
Experimento mental 1	Promover la experimentación mental a través de una actividad cognitiva relacionada con una problemática del mundo real, centrada en la disolución de sales, a partir de la cual el estudiante realizaba la simulación mental.
Experimento mental 2	Implementar situaciones problemáticas relacionadas en mayor grado con la utilización del modelo actual de fotosíntesis, determinando los cambios producidos en torno a la nutrición vegetal a medida que el estudiante experimenta mentalmente
Experimento mental 3	Darles continuidad a los procesos de experimentación mental a partir de situaciones potenciales del mundo real, en relación con los procesos de reproducción de la flor y polinización, conducentes hacia la obtención de modelos explicativos cercanos al modelo actual de fotosíntesis.
Prueba final	Valorar los cambios de los modelos explicativos de los estudiantes a partir de la experimentación mental para potenciar el aprendizaje de nutrición en plantas.

Instrumentos empleados en la unidad didáctica en relación con los objetivos planteados en cada una de las intervenciones realizadas.

3.4. Análisis de la información

El análisis se realizó a través redes semánticas con el software Atlas ti, las cuales proporcionaron información acerca de las expresiones escritas, y gráficos elaborados por el E3.

En el presente estudio se analizarán dos categorías a saber: nutrición en plantas y experimentación mental. Para analizar la primera categoría, se tendrán en cuenta 3 ejes fundamentales: Nutrición a partir del suelo, nutrición a partir del agua y nutrición a partir del aire, que abordan otras subcategorías relacionadas con los modelos explicativos sobre nutrición en plantas propuesto por Chávez (2002): modelo analogía planta-animal, modelo de la transmutación, modelo flogisto, modelo oxido-reducción, y modelo fotosintético.

La segunda categoría “experimentación mental”, contiene las siguientes subcategorías: creatividad (Fryer, 1996); (Jiménez...et al., 2007); flexibilidad (Aguilar y Romero, 2011); establecimiento de narrativas (Cooper, 1990); (Harman 1986, Nersessian, 1988,1992) y finalmente variables e hipótesis Yirsén y Romero (2011); Collantes y Escobar (2015).

Es de anotar que en este estudio se tuvieron en cuenta los gráficos de los estudiantes y sus expresiones escritas para valorar los cambios producidos en los modelos explicativos en cada uno de los momentos (modelos explicativos iniciales, experimentos mentales, y modelos explicativos finales). Así mismo, éstos proporcionaron información acerca de cómo experimentaban mentalmente en torno al concepto de nutrición en plantas.

3.5. Análisis de la categoría modelos explicativos sobre nutrición en plantas

El análisis realizado permitió conocer los modelos explicativos acerca de la nutrición en plantas que posee un estudiante del grado cuarto de básica primaria, en la línea de pensamiento de Chávez (2002). Para la selección del estudiante se tuvo en cuenta la continuidad en todo el proceso de investigación y la ejecución de los tres momentos propuestos. Para proteger la identidad del niño se empleará el siguiente código: E3

A partir de la codificación y sistematización de la información con el software científico Atlas/ti se pudieron visualizar redes semánticas que permitieron:

- a) Valorar los cambios producidos en los modelos explicativos de 1 estudiante en cada uno de los tres momentos, a partir de la experimentación mental.
- b) Determinar cómo los niños experimentan mentalmente en torno a la nutrición en plantas, acercándose más a una experiencia natural, así como lo afirma Valdez (como se citó en Flórez & Velásquez, 2009 p.60): “aproximarse al estudio del significado de manera natural, es decir, directamente con los individuos, evitando la utilización de taxonomías artificiales creadas por los investigadores”

Para lograr los objetivos anteriores, se analizarán inicialmente los cambios producidos en el modelo explicativo inicial (FA) del estudiante en torno a la nutrición vegetal, y se definirán cada una de las categorías y subcategorías establecidas inicialmente para la nutrición vegetal.

En adelante se usarán siglas usadas en cada una de las intervenciones: Por ejemplo: MEI corresponde a modelos explicativos iniciales; MEF: Modelo explicativo final; P: Pregunta, R: Respuesta; EM1: Experimento mental 1; EM2: Experimento mental 2; EM3: Experimento mental 3.

A continuación se presentan las respuestas dadas por el estudiante tres E3 en sus modelos explicativos iniciales:

Tabla 9. Modelos explicativos iniciales del E3

PREGUNTA	RESPUESTA
P1 ¿Para qué se nutren las plantas?	R1: Para crecer y para tener fuerza y poder sacar flor y fruto
P2 ¿De dónde crees que las plantas toman los nutrientes?	R2: De la tierra del sol del agua y del abono que le echan
P3 ¿Explica lo que sucede con los nutrientes que toma la planta cuando se está alimentando? Justifique su respuesta.	R3: Cuando los toma, esos nutrientes suben por el tallo y hacen que los nutrientes se distribuyen y que los nutrientes lleguen a todas partes.
P4 Si tienes una planta de frijol encerrada dentro de una bolsa, crees que ésta crecerá del mismo modo que lo hace una planta al aire libre. Justifique su respuesta	R4: No, no crecerá porque necesita aire y agua, pero si está fuera de la bolsa vivirá normalmente
P5 La tía Josefina tiene un cactus, éste crece en el desierto. ¿Cómo crees que ésta planta puede vivir allí a pesar de ser un ambiente tan seco? Justifique su respuesta	R5: Los cactus sobreviven en el desierto porque almacenan agua. En el desierto llueve una vez al año entonces los cactus reúnen toda el agua posible y eso hace que sobrevivan
P6 Juan va con su familia a una salida de campo al jardín botánico, y le obsequiaron una planta que crece en el agua. Juan se la llevó a casa, pero dudaba si su planta crecería bien o no. ¿Qué crees que sucedería con la planta al cultivarla en la tierra? Justifique su respuesta	R6: La planta simplemente no viviría porque como la planta es de agua no está acostumbrada a ese medio

PREGUNTA	RESPUESTA	
P7 ¿Consideras que las plantas pueden ser cultivadas en cualquier material? Justifica tu respuesta.	R7: Si, pero también depende del tipo de planta que sea	Modelos explicativos iniciales del E3 concebidos en el pretest, donde aparecen las
P8 ¿Cómo se explica que las plantas tomen algunos elementos para nutrirse, y al final se forman materiales muy diferentes como madera, hojas y raíces?	R8: Toman los nutrientes para crecer entonces cuando crecen van formándose y salen dichos elementos	
P9 La abuela de pedro duerme placenteramente en su cuarto, y en él tiene 4 plantas que le han regalado varios de sus hijos. ¿Crees que esto puede afectar la salud de la abuelita? Justifica tu respuesta.	R9: No pero también depende del tipo de planta y en que medio está	
10 Explica de manera detallada cómo se alimentan las plantas.	R10: Las plantas toman los nutrientes de la tierra entonces dichos nutrientes se combinan con unas sustancias y se convierte en el alimento va por el tallo y se distribuye por ella.	

preguntas realizadas en dicho instrumento y las respuestas dadas por el estudiante.

Al observar las respuestas R2 y R10 (ver tabla 9), es posible afirmar que el E3 concibe inicialmente la nutrición vegetal como aquel proceso a través del cual la planta se alimenta, capta las sustancias del suelo principalmente de la tierra, sin hacer alusión a la estructura vegetal implicada, esto es a la raíz. Igualmente, considera que la riqueza del suelo: (tierra, abono), unido agua, el sol y el aire (ver R1, tabla 9) son fundamentales para el crecimiento de la planta, conceptos que pueden ser producto de teorías científicas que se han mantenido desde el pasado; no hace referencia a procesos fisiológicos de orden celular, o de interacción con el medio.

Dicho lo anterior, es posible afirmar que el E3 se refiere al suelo en términos de funcionalidad, aunque de un modo superficial, pues al usar esta palabra indica desde dónde la planta obtiene el alimento: característica del modelo analógico planta animal (ver referente conceptual). Por otra parte, da indicios acerca de los procesos transformación de sustancias, pero sin especificar cómo ocurren las mismas, e implementa el concepto científico “abono”,

el cual puede haber usado para referirse a los procesos de descomposición del material vegetal.

El E3 en sus modelos explicativos iniciales también hace alusión a estructuras vegetales por donde circulan los nutrientes (ver tabla 9: R3 y R10) por lo cual se puede decir que asume la nutrición vegetal en términos de distribución de nutrientes; sin embargo, no explica cómo se da el paso y el ascenso de éstos por cada una de las estructuras.

Es notorio que para el E3 el agua es importante en la nutrición vegetal en términos vitalistas, toda vez que ésta es absorbida por la planta para crecer y desarrollarse, característica del modelo de la transmutación (ver R2,R4 y R5 de la tabla 9). Así mismo, se puede evidenciar que de algún modo restringe el crecimiento de las plantas a ciertos medios, y por ende se limita al pensar en los sistemas de adaptación de la planta para vivir (ver tabla 9: R5 y R6); contrario a esto más adelante (ver tabla 9, R: 5 y R9), asume que las plantas pueden sobrevivir a temperaturas altas almacenando agua, y que las plantas viven de acuerdo al medio en el que se hallen. Es probable que el estudiante haya tenido este tipo de confusiones, debido a la falta de experiencias y contacto con el medio, ya que el estudiante reside en la zona urbana. Así mismo, se pudo constatar que E3 en sus modelos explicativos iniciales no establece la función que tiene el agua en la nutrición vegetal, y sólo menciona que es importante careciendo de argumentos para justificar la respuesta. La nutrición vegetal también es catalogada inicialmente por E3 como un fenómeno de conversión de sustancias, en el cual éstas sustancias dan origen a otras (ver R10, tabla 9).

Al Respecto el E3 inicialmente refiere que los nutrientes se combinan, pero no enfatiza sobre qué nutrientes participan y tampoco explica en detalle cómo se transforman, y cómo pasan dichos nutrientes del suelo hasta las células de las raíces.

Es de aclarar que a nivel de la básica primaria, los estudiantes de 9 años de cuarto grado podrían hablar de nutrición vegetal si el maestro promueve la idea respecto a este tema como

incorporación de una solución diluida de sales por las raíces Cañal (1991), tal como se plantea en el EM1.

En algunas respuestas dadas por el E3 (ver Tabla 9, R4 y R9), le da poca importancia al aire, y a los procesos de desflogisticación respecto a la nutrición vegetal características del modelo flogisto; específicamente en la pregunta 9 (tabla 9) considera que la salud del ser humano, al dormir con plantas, no se ve afectada; sin embargo, se contradice y luego menciona dos posibles factores que intervienen en la salud de la abuela (tipo de planta y medio en el que se halla), pero no explica la manera como ellos inciden en la misma. Lo anterior, deja entre ver que el niño posee un error conceptual como lo asume (Cañal, 1997; González-Rodríguez *et al.*, 2009).

El estudiante E3 en sus modelos iniciales no tuvo en cuenta el CO₂, ni su participación en la producción de oxígeno, por lo cual se puede decir que no hubo una aproximación al modelo óxido-reducción (ver referente conceptual). Tampoco se refiere concretamente a la importancia de la luz en la nutrición vegetal, pero habla del sol como parte esencial a través del cual se nutren las plantas; El concepto clorofila es inexistente, Ospina (2011). Igualmente desconocen el papel del gas carbónico como alimento. Tampoco habló acerca de los procesos de obtención de energía, la respiración, la fotosíntesis, indispensable para la nutrición de las plantas.

En este mismo sentido, sólo menciona el tallo como parte esencial en la distribución de nutrientes, marginando otras estructuras esenciales en la nutrición vegetal (ver tabla 9 R10) como sucede con la hoja, estructura especializada en la cual se ubican los cloroplastos.

La subcategoría importancia de la luz se refiere a la necesidad de la luz en el proceso fotosintético, para dar lugar a la síntesis de compuestos más complejos (Chávez, 2002)

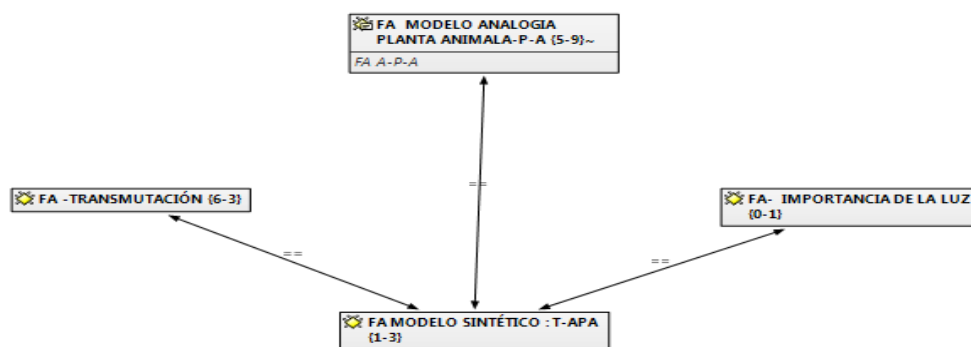
Es de resaltar que los estudiantes de la básica primaria pueden aproximarse al modelo fotosintético desde edades tempranas (Cañal,1991) sólo en la medida en que los docentes se

atreven a incorporar en sus clases dicho modelo, y exploren diversas formas de aprendizaje de los niños que conduzcan al empleo de diversas estrategias didácticas.

Luego de haber analizado los modelos explicativos iniciales del E3, y antes de continuar con el estudio sobre cómo cambiaron sus modelos explicativos a partir de la experimentación mental, se relacionan grosso modo las frecuencias en las que se presentaron los modelos explicativos iniciales del E3:

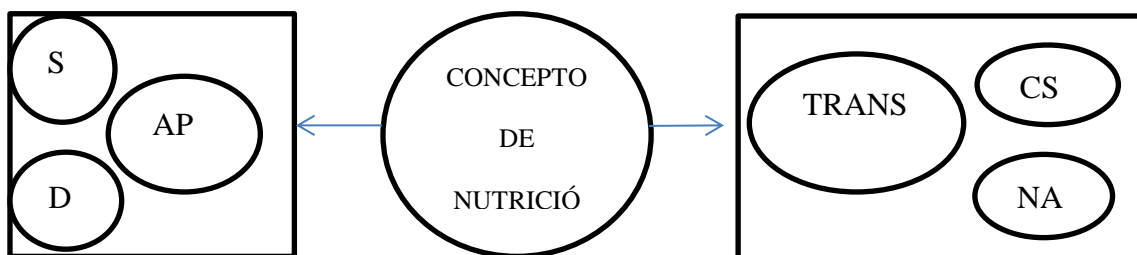
Finalmente, el modelo inicial que posee el estudiante E3 sobre la nutrición vegetal se puede visualizar en la siguiente red semántica.

Figura 1. Modelos explicativos iniciales del E3



Red semántica con los modelos explicativos iniciales del E3

Figura 2. Representación de los modelos explicativos iniciales de E3



Modelos explicativos inicales del E3 según el análisis realizado, en el cual E3 define la nutrición en plantas en dos modelos: el modelo APA: Modelo analógico planta animal, donde la planta incorpora nutrientes desde el suelo (s) , y distribuye dichos nutrientes (D) ; y el segundo el modelo TRANS: Modelo de la transmutación, la nutrición de la planta se hace a partir del agua (NAA), y también contempla la con versión de las sustancias al interior de la planta (CS).

De la figura 3 se podría decir que El E3 concibe la nutrición en plantas como un proceso muy simple centrado en la toma del alimento a partir del suelo y el agua, donde hay una distribución de nutrientes a través del tallo, y una transformación de los mismos a través de un proceso que hemos denominado con versión de sustancias.

Es notorio que E3 empleó modelos explicativos sintéticos que se presentaron con frecuencias indiferenciadas: Transmutación y Analogía planta-animal, y en menor frecuencia el modelo flogisto. No hubo aproximación conceptual a los modelos óxido-reducción y al modelo actual de fotosíntesis, por lo cual se analizarán los cambios en sus modelos explicativos.

Capítulo 4

Análisis de la experimentación mental

Para analizar la experimentación mental se tendrán en cuenta los datos que el estudiante presentó en cada uno de los experimentos mentales, y luego se analizarán los criterios de experimentación mental en cada uno de ellos, y luego se interrelacionarán los criterios.

4.1. Experimento mental 1

Situación 1

Lee en voz alta la siguiente situación:

Imagina que se tiene una situación hipotética en la que dos plantas son de la misma especie. Una de ellas es sembrada en un lugar cerca al mar (suponga que en varias de sus hojas se ha formado una sustancia blanca como se ve en la figura 1), y la otra planta se sembró junto a un río en una finca del barrio la florida en Pereira Risaralda. ¿El crecimiento de las dos plantas será igual en los dos casos? ¿Por qué se forma la sustancia blanca? Anota todos tus pensamientos con detalle a medida que trates de explicar cada uno de los acontecimientos relacionados con la situación dada.

El niño hace dos simulaciones mentales de la situación anterior en aras de solucionar el problema planteado:

Situación imaginada 1: “Yo me imagino sembrando una planta y luego tomé agua del mar y luego me vuelvo chiquito para entrar en la planta Entonces el agua va por la arena y las raíces absorben el agua y los nutrientes por las vellosidades que tienen entonces, esos nutrientes se fusionan con el agua entonces las raíces mandan ese alimento por el tallo para que cada pedacito de alimento se vaya por diferentes caminos, entonces el agua de mar es muy salada y al mandar alimento a la hoja se produce una sustancia Blanca provocada por la sal”.

Situación imaginada 2: Yo me imagino sembrando en la situación 2 una planta y luego tomando agua de un río como el agua del río es dulce podría que la planta

crezca común y corriente luego me vuelvo chiquito y entró en la planta. Entonces el agua del río entra en la tierra y llega a la planta y luego las vellosidades absorben los nutrientes de la tierra y el agua entonces los nutrientes y el agua se fusiona formando el alimento luego el alimento se va al tallo y el tallo corta la comida en pedacitos, y cada pedacito se va por un camino diferente para que llegue a todas las partes de la planta. Al plantarla en el río fue una buena idea porque la planta sería común y corriente.

La originalidad

Para analizar este componente se tuvieron en cuenta las respuestas más usuales de cinco estudiantes (cuyo curso y edad es equiparable a la del E3) con las cuales se elaboró un listado (ver tabla 1 de anexos) que representaba la generalidad del grupo; en aras de proteger la identidad de los cinco estudiantes, estos serán llamados en adelante Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno y Plutón. Dichas respuestas usuales se tomaron como punto de partida para determinar aquellas expresiones menos habituales usadas por el E3 (ver tabla 10).

Tabla 10. Valoración de la originalidad desde la dimensión verbal de la creatividad

TIPO	CRITERIO	EXPERIMENTAL	ESCALA Expresión (es) inusuales	4 Emplea cinco o más expresiones diferentes a las del listado	3 Usa cuatro expresiones distintas a las del listado	2 Utiliza tres expresiones distintas a las del listado	1 Usa dos expresiones distintas a las del listado	0 Todas las expresiones son repetidas
	ORIGINALIDAD	EM1	Grasa saturada					
			Calor					
			La sal (tiene químicos no reconocibles)					
			Rayos ultravioleta					
			Sombra					

CREA TIVID AD VERB AL			Vellosidades					
			Rayos solares					
			Nieve					
		EM2	Raíz (competencia por alimento)					
			Árboles (tamaño)					
			Energía lumínica					
			Grana					
			Luz (tipos)					
			Aire					
		EM3	Fotones (función)					
			Floema					
			Xilema					
			Savia elaborada					
			Hoja (modificada)					
			clima					

Valoración de la originalidad del E3 según la creatividad verbal en las expresiones menos habituales con cada uno de los criterios asumidos para valorar la creatividad en un rango de (0 a 4).

Para el experimento mental 1 se propuso una situación relacionada con el crecimiento de las plantas como ya se relacionó al principio, y a partir de allí el estudiante diseña su experimento mental. Lo anterior, se hace de modo intencional para iniciar el aprendizaje de nutrición vegetal Cañal (1991).

E3 en principio utiliza expresiones relacionadas con el modelo analógico planta- animal en términos de la captación de materiales (ver Tabla 10, EM1) , y menciona sustancias distintas a las relacionadas por el grupo de cinco estudiantes con los cuales se hizo el cotejo de originalidad. Así mismo, y de un modo más específico se refiere a la importancia de las vellosidades de la raíz en la nutrición vegetal (ver Tabla 10, EM1, línea 7). Cabe recordar que en los modelos explicativos iniciales, el E3 no refiere la raíz como parte esencial de la nutrición en plantas.

De otro lado, E3 usa expresiones poco habituales orientadas hacia las formas de energía y a las estructuras donde ocurren dichas transformaciones. Para ello, usa términos científicos

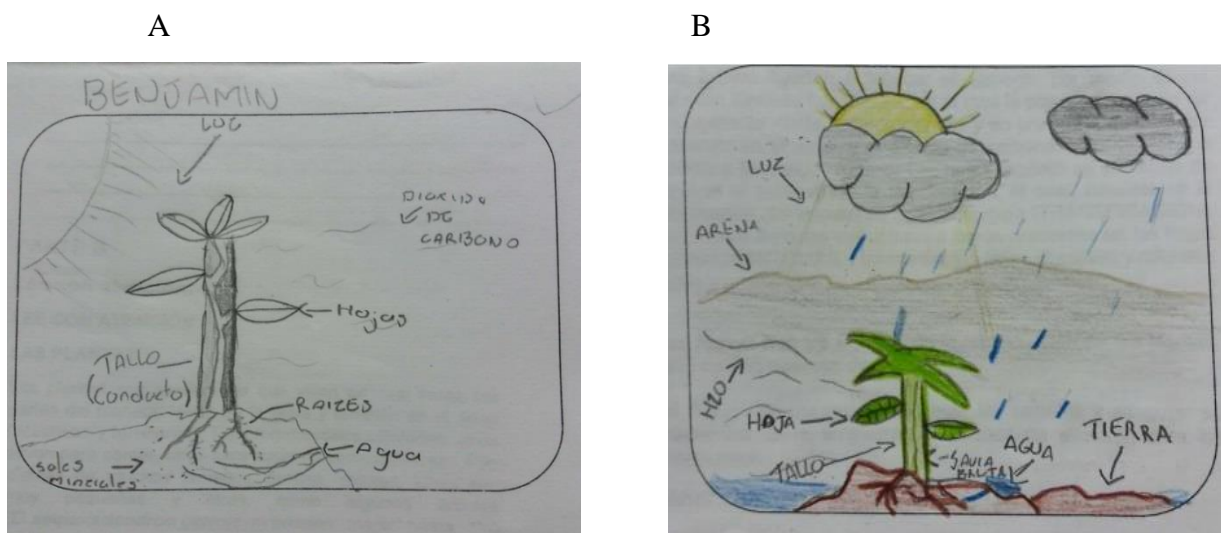
como la palabra “calor”, y luego introduce otros como los rayos ultravioleta, rayos solares y sombra (ver Tabla 10, línea 2, ,5 y 7 del EM1), Los dos últimos aspectos se relacionan con el modelo fotosintético, pues contempla los fenómenos día-noche que suceden en la planta (ver Tabla 10, EM1, línea 5,4 y 7).

Es notorio que el estudiante cada vez que experimenta mentalmente tiene una visión más específica sobre procesos relacionados con la nutrición vegetal; lo anterior, denota que el estudiante E3 empleó gradualmente expresiones poco habituales que le permiten distanciarse del modelo analógico, para aproximarse en cierta medida al modelo actual de fotosíntesis (ver referente teórico).

4.1.1.Subcategoría Elaboración en la expresión figurada

Para estudiar este componente se relacionan a continuación las expresiones figuradas más potentes realizadas por E3 y que sirvieron de base para valorar la elaboración:

Figura 3. Principales estructuras que participan en la nutrición vegetal



E3 utiliza colores en uno de los gráficos, y añade algunos nombres de elementos y sustancias necesarias en la nutrición vegetal (ver figura 4 A y B); en segundo lugar, empleó

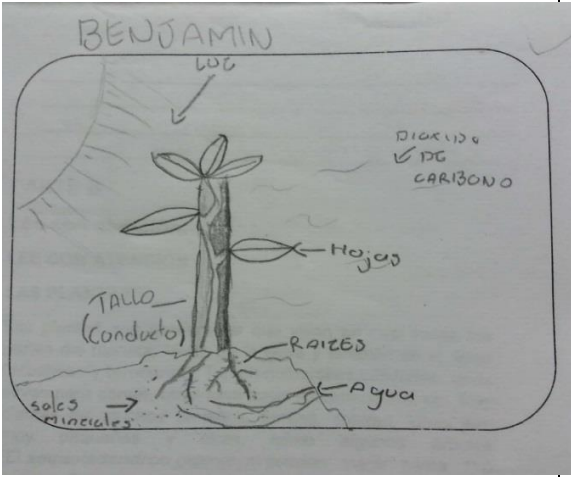
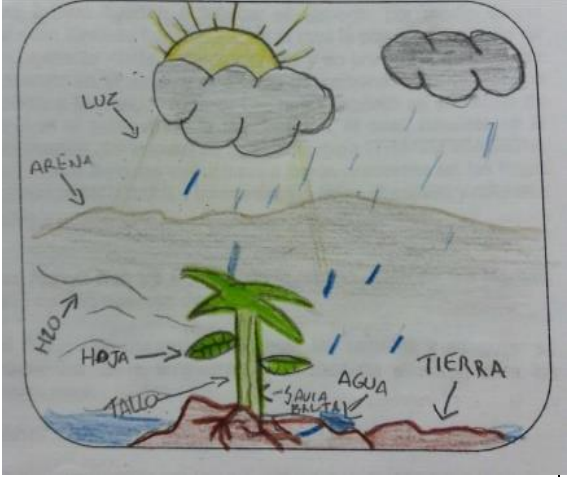
sombras (ver figura 4A) que permiten diferenciar la parte externa e interna de los vasos conductores (Modelo analogía planta animal, sistema circulatorio de las plantas).


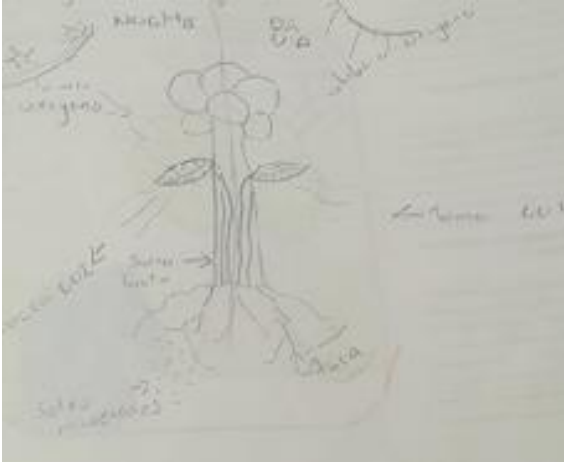
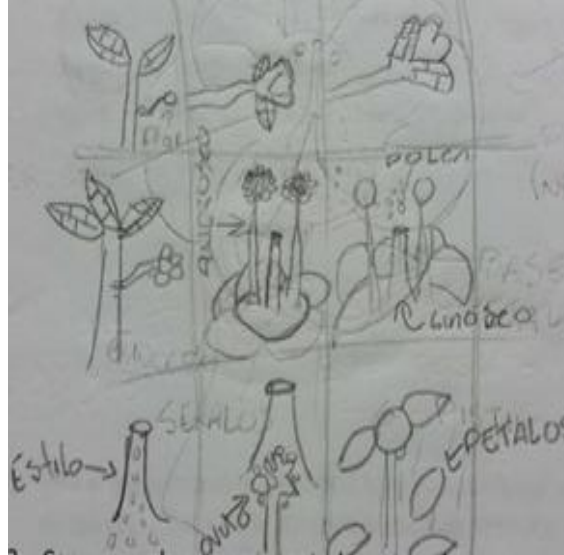
Respecto a la decoración se puede decir que existen 3 elementos que decoran el dibujo: La figura 2 se ven líneas onduladas con las que representa el dióxido de carbono en movimiento (*Modelo flogisto*). El segundo elemento son los puntos negros que simbolizan las sales minerales; y el tercer elemento tiene que ver con las líneas que representan el agua lluvia. Finalmente, en la gráfica no se evidencian títulos de ninguna índole que vayan más allá de lo perceptible del dibujo.

Para valorar el grado de elaboración en este trabajo, se hará una adaptación a un instrumento de baremación propuesto por Jiménez...*et al* (2007), al test de pensamiento creativo de Torrance (1974). Para hacer la respectiva medición de este componente, se otorga un punto por cada aspecto fundamental de los ya escritos en el párrafo anterior; luego, de acuerdo a los detalles concebidos, se ubican en niveles que van de 1 a 4 (ver Tabla 11). Por ejemplo, E3 hizo referencia a tres detalles: Manejo de colores añadiendo idea o cosa, manejo de sombras y empleo de elementos secundarios que decoran el dibujo, que lo ubican en la rúbrica de elaboración en el nivel dos (ver Tabla 11, EM1, línea 1). Dado lo anterior, es posible decir que el grado de elaboración en el experimento mental 1 fue de 2 según los criterios establecidos en dicha rúbrica.

Elaboración del E3

Tabla 11. Valoración de la elaboración del componente creatividad del E3

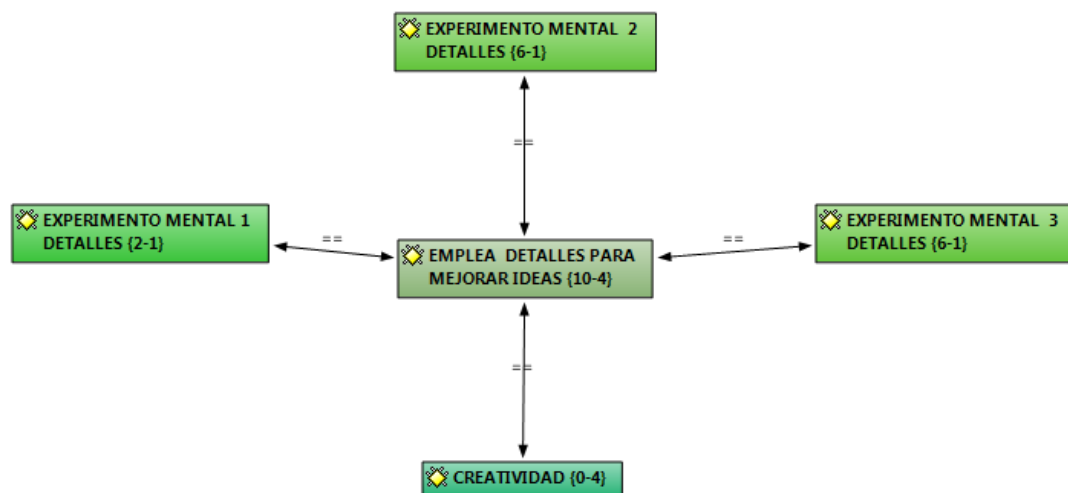
EXPERIMENT O MENTAL	ESCALA	4	3	2	1
	Elementos (es) inusuales En el dibujo	Emplea cinco detalles para embellecer el dibujo	Emplea cuatro detalles para embellecer el dibujo	Emplea tres detalles para embellecer el dibujo	Emplea dos detalles para embellecer el dibujo
EM1	<p>Manejo de sombras, estructura interna de la planta.</p>  <p>The diagram shows a plant with a central trunk labeled 'TALLO (Conducto)'. It has several leaves labeled 'HOJAS'. The roots are labeled 'RAÍCES'. Environmental factors include 'LUZ' (light) from the sun, 'DIOXIDO DE CARBONO' (carbon dioxide) from the air, 'AGUA' (water) from the ground, and 'sales minerales' (mineral salts) from the soil. The ground is labeled 'TIERRA'.</p>				
	 <p>This diagram shows a plant with a central trunk labeled 'TALLO'. It has several leaves labeled 'HOJA'. The roots are labeled 'RAÍCES'. Environmental factors include 'LUZ' (light) from the sun, 'AGUA' (water) from the ground, and 'TIERRA' (soil). The ground is labeled 'TIERRA'. The plant is shown growing in a container with 'ARENA' (sand) and 'AGUA' (water).</p>				

EM2					
					
EM3					

Escala de valoración usada para medir el grado de elaboración de E3 en cada uno de los experimentos mentales realizados

De acuerdo con este nivel obtenido, se puede afirmar que el E3, por lo menos empezó a emplear detalles que enriquecen sus dibujos desde el EM1, pero en menor cuantía en comparación con los EM2 y EM3 respectivamente (ver figura 4)

Figura 4. Red semántica de la elaboración del E3



Red semántica sobre el manejo de detalles que definen el grado de elaboración del E3 en cada uno de los experimentos mentales realizados.

En la red semántica anterior se puede apreciar que E3 desde el EM1 empleó detalles que enriquecen los dibujos, los cuales fueron aumentando a medida que el niño experimentó mentalmente

4.1.1.1 Subcategoría flexibilidad en la expresión figurada

La flexibilidad figurada hace referencia a un agrupamiento de categorías, que están presentes en los dibujos que realiza E3 en su experimento mental 1 (ver tabla 3 de anexos, EM1) y que dan cuenta de la variedad en las expresiones figuradas que además abarcan otras subcategorías.

Según lo anterior, en el experimento mental uno, E3 usa subcategorías que se relacionan con el modelo analogía planta-animal; en primer lugar, representa las estructuras de la planta que participan en la nutrición (Raíz, tallo, hojas, flores, conductos que llevan sustancias), cabe precisar que E3 no menciona las partes de la planta en su totalidad, y tampoco habla de la función que cumplen cada una de ellas, sólo especifica por dónde la planta incorpora el alimento (la raíz); en segundo lugar, se refiere a la fuente de dónde la planta toma el alimento (río, mar, suelo, arena). Igualmente, menciona algunas sustancias que fueron producidas cuando la planta se estaba alimentando (savia bruta, sal). Lo anterior deja ver que E3 es alternativo y contempla diversas formas de nutrición para la planta.

Posteriormente, usa la categoría agua y le da importancia a la misma en la nutrición vegetal (Figura 4 A y B). Luego, relaciona la hoja como estructura de la planta y representa sus partes sin nombrarlas, tampoco usa etiquetas que hablen de la funcionalidad de la hoja.

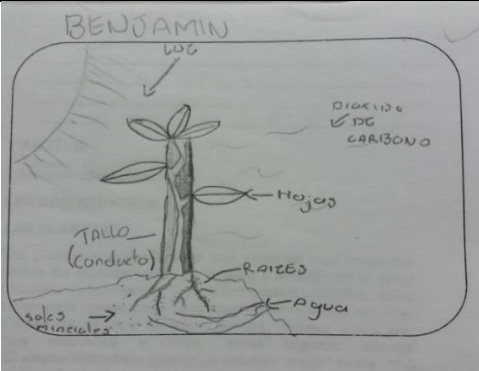

Le da importancia al sol y a la luz en la nutrición de la planta (categoría luz y sol) característica del modelo flogisto; E3 relaciona el término Dióxido de carbono (sin usar el símbolo químico), dándole importancia a este gas en el proceso de nutrición (Modelo óxido-reducción); sin embargo, no tiene en cuenta su procedencia, ni considera a éste como el punto de partida para la generación de otros gases como el oxígeno.

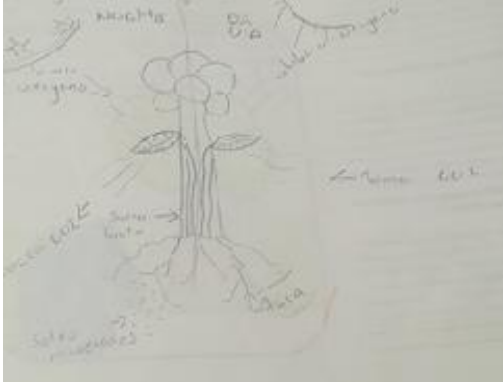
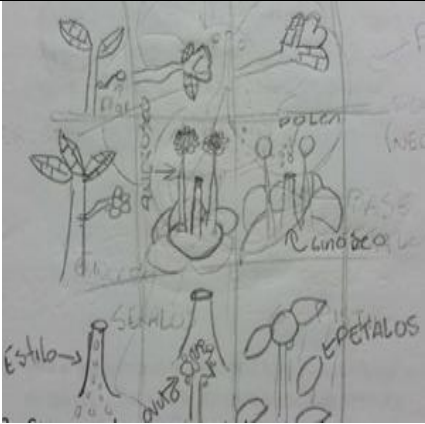
4.1.1.2 Subcategoría fluidez en la creatividad figurada


Durante el EM1, E3 no emplea títulos para representar la idea base, pero el dibujo refleja el concepto que se quiere transmitir (Figura 4 A y B), así mismo, usa rotuladores de manera clara, y realiza trazos definidos y diversificados (Líneas curvas, rectas, círculos, etc.) al graficar el tema estudiado. No explica la gráfica, ni usa símbolos químicos en relación con los gases que participan en la nutrición vegetal.

En el EM1 El estudiante elabora una gráfica (ver Tabla 12, EM1,Línea 2), en la cual colorea de verde la copa de los árboles, lo cual pueda deberse a experiencias vividas en su contexto. E3 tiene en cuenta elementos del modelo analógico planta-animal: tierra, arena, agua, savia bruta, partes de la planta como la hoja, el tallo (ver Tabla 12EM1, Línea 1) además contempla un solo aspecto que tiene que ver con la necesidad de la luz en la nutrición vegetal propio del modelo flogisto.

Tabla 12. Escala de valoración para el componente Fluidez del E3

EXPERIMENTO MENTAL	ESCALA Elementos (es) inusuales En el dibujo	Los dibujos tienen diferentes títulos	Los dibujos son diferentes	Emplea al menos 4 figuras en el dibujo (líneas rectas, curvas,	Muestra Trazado fuerte y estable en el dibujo	Tanto el dibujo como el título son claros	El dibujo no tiene título pero su esencia se refleja en el mismo	Puntaje
			X	X	X		X	4
			X	X	X			3

EXPERIMENTO MENTAL	ESCALA Elementos (es) inusuales En el dibujo	Los dibujos tienen diferentes títulos	Los dibujos son diferentes	Emplea al menos 4 figuras en el dibujo (líneas rectas, curvas,	Muestra Trazado fuerte y estable en el dibujo	Tanto el dibujo como el título son claros	El dibujo no tiene título pero su esencia se refleja en el mismo	Puntaje
EM2		X	X	X	X	X	X	6
EM2				X	X		X	4

EXPERIMENTO MENTAL	ESCALA Elementos (es) inusuales En el dibujo	Los dibujos tienen diferentes títulos	Los dibujos son diferentes	Emplea al menos 4 figuras en el dibujo (líneas rectas, curvas,	Muestra Trazado fuerte y estable en el dibujo	Tanto el dibujo como el título son claros	El dibujo no tiene título pero su esencia se refleja en el mismo	Puntaje
EM3			X	X	X			3

Escala de valoración del componente fluidez de acuerdo a seis criterios establecidos para valorar cada uno de los dibujos representados en los tres experimentos mentales.

En el EM1, Línea 1, la ilustración tiene elementos relacionados con el modelo analógico planta-animal (tierra, arena, agua, savia bruta, partes de la planta como la hoja, el tallo) y además contempla un solo aspecto que tiene que ver con la necesidad de la luz en la nutrición vegetal (modelo flogisto); por otra parte en el EM1, Línea 2 la ilustración contempla a diferencia de la gráfica anterior, las sales minerales, los vellos absorbentes de la raíz, y también relaciona el sol y el dióxido de carbono (propio del modelo óxido reducción) como aspectos importantes en la nutrición de la planta.

4.1.1.3 Categoría redefinición del pensamiento en la experimentación mental

A continuación, se citan las expresiones verbales manifestados por E3

“Me vuelvo chiquito para entrar en la planta Entonces el agua va por la arena y las raíces absorben el agua y los nutrientes por las vellosidades que tienen entonces esos nutrientes se fusionan con el agua entonces las raíces mandan ese alimento por el tallo para que cada pedacito de alimento se vaya por diferentes caminos, entonces el agua de mar es muy salada y al mandar alimento a la hoja se produce una sustancia Blanca provocada por la sal”.

La sal tiene sustancias que la planta no puede consumir químicos no reconocibles.

“Una de las plantas creció menos porque se puso en un lugar donde le afectan los rayos Ultravioleta y la grasa de la sal”.

Le afecta la grasa y el calor “rayos solares” rayos ultravioleta.

“El crecimiento de la planta puede estar afectado por la grasa saturada en los rayos del sol y en la arena caliente”.

“La planta 2 creció más porque estaba al sol y sombra”;

*Expresiones verbales usadas por E3 en el experimento mental 1, para medir
el componente flexibilidad*

En las manifestaciones anteriores, E3 visualiza la situación imaginada 1, y empieza a expresar verbalmente una serie de eventos que irá replanteando a lo largo del experimento mental. En primer lugar, E3 piensa en la palabra nutrición en dos sentidos: Primero, Visualizando el alimento como la unión de agua y nutrientes (ver tabla 5 de anexos EM2, Línea 1), y segundo, desde la captación de los mismos a través de la raíz (ver referente conceptual modelo analógico planta-animal). Así mismo, habla acerca del tallo y sus funciones (ver tabla 5 de anexos, EM1, línea 1), y sostiene inicialmente que existen factores externos que influyen en el crecimiento de las plantas como la sal (del mar), la cual considera un químico que la planta no reconoce y puede afectar el crecimiento de la misma (ver tabla 5 de anexos EM1, Línea 2). Sin embargo, en este punto el E3 redefine su pensamiento y habla de que la sal tiene grasa y ésta es la que afecta el crecimiento vegetal. Pese a lo anterior, E3 no explica por qué la sal es un químico, sólo infiere que puede afectar el crecimiento de la planta, sin justificar su respuesta.

Así mismo, le da importancia a la participación de algunas estructuras celulares, sin mencionar sus funciones; sin embargo, habla de la hoja como medio de excreción, pero no la relaciona con procesos de fabricación del alimento, ni con la producción de energía

También le da relevancia a la luz como causal de crecimiento y desarrollo para las plantas (ver tabla 5 de anexos EM1, Líneas 3, 4 y 5) identificando los efectos producidos, pero sin justificar el origen de los mismos. En principio, el estudiante hablaba del sol (modelos explicativos iniciales), pero luego en el EM1 utilizó el término calor, seguido de rayos solares y rayos ultravioleta (Tabla 5 de anexos EM1, línea 4), sin mencionar la relación directa de cada uno en la nutrición vegetal. Por lo anterior, E3 continúa aproximándose al modelo fotosintético, al considerar la importancia de la presencia y la ausencia de luz en el

crecimiento vegetal, usando los términos sol- sombra (Tabla 5 de anexos EM1, línea 6), aunque todavía no haga relaciones de tipo causal.

4.1.2. Subcategoría Manejo de hipótesis

Las hipótesis creadas por E3 mientras experimentaba mentalmente se obtuvieron a partir de la simulación mental que el estudiante realizó, lo cual dio lugar a la elaboración de predicciones, inferencias, y a las conclusiones respecto a la situación 1 planteada.

Al estudiar las hipótesis que el E3 realizó, se pueden visualizar los cambios generados en las mismas, y en sí en sus modelos explicativos como se nota a continuación:

Tabla 13. Cambios producidos en las tipologías de hipótesis del E3

EM1 (GENERACIÓN DE HIPÓTESIS ALTERNAS)	EM2	EM3
La planta que estaba junto al mar creció menos porque el agua es muy salada y hace mucho calor. La otra creció menos porque estaba en las condiciones aptas y seguras.	Los árboles más grandes y las raíces de los otros pueden afectar el crecimiento de la planta.	Cuando las hojas absorben los fotones los colores que absorben se combinan con la savia elaborada entonces se empieza a formar una pequeña materia llamada flor
A la planta 1 le afecta porque al tener altas cantidades de sal, la sal tiene sustancias que la planta no puede consumir químicos no reconocibles.	Puede pasar que al romper las raíces el árbol no absorbe los suficientes nutrientes y sin esos nutrientes no hay alimento y sin ese alimento el árbol no crecería.	La flor se formó gracias a las combinaciones de los fotones y la savia elaborada. Concluyo que la savia elaborada y los fotones sirven para hacer la flor; y que la flor necesita los fotones para su color. El crecimiento de las plantas se puede ver afectado por los fotones pues afectan el color de la flor.
El crecimiento de la planta puede estar afectado por el calor, el agua salada y además la arena.	Los árboles grandes dañan el crecimiento a los otros.	Descartaría que los fotones se combinan porque en realidad son absorbidos
Al formarse las sustancias con sal la planta tendría menos vida por toda la sal y la grasa saturada.	Descartaría que los árboles grandes absorbían la comida.	
Descartaría que le afecta el agua salada, si no que le afecta la grasa y el calor “rayos solares” rayos ultravioleta.	<i>El O2 proviene de la combinación de agua y savia bruta</i>	
Creció menos por qué se puso en un lugar donde le afectan los rayos ultravioletas y la grasa de la sal	<i>El O2 proviene de la combinación de CO2, H2O energía lumínica y savia elaborada</i>	
La planta 2 creció más porque estaba al sol y sombra y el agua no tenía sal.	Los tipos de luz no afectan el crecimiento porque la planta absorbe esos colores Las plantas sólo absorben ciertos tipos de luz.	
	Si la planta no tomara el CO2 del aire La planta no podría hacer que pasara la fotosíntesis y sin esa fotosíntesis no hay aire y sin aire no podríamos vivir.	
	Sin la fotosíntesis no hay oxígeno	

Cambios producidos en las tipologías de hipótesis según las ideas expresadas por el E3 en cada uno de los experimentos mentales.

E3 pasa de concebir el crecimiento en relación con la concentración de sal y el grado de calor, a estimar otros elementos que también pueden influir en el desarrollo de la planta como, por ejemplo, la arena (tabla 13, EM1, línea3), modelo analógico planta-animal

(Chávez,2002), por lo cual es posible afirmar que está concibiendo hipótesis alternas. De otro lado, el estudiante intenta explicar que contiene la sal para dar solución al problema planteado (ver tabla 13, EM1, línea 2) y añade un nuevo elemento: la sal tiene grasa saturada (ver tabla 13, EM1, línea 4). Por último, trae nuevamente a colación el factor calor, pero luego menciona los rayos solares y los rayos ultravioleta (ver tabla 13, EM1, línea 5), haciendo uso de conceptos más científicos a la hora de dar sus explicaciones.

Cambios en los tipos de hipótesis

Respecto a los tipos de hipótesis (ver referente), E3 usa las de conocimiento previo y las de relación (HCP y HR), y también emplea las hipótesis de tipo alterno y de conexión (Tabla 13, EM1, línea 2 y 5), donde relaciona diversas variables y concibe nuevos elementos (tabla 13, EM1, línea 3), que pueden ayudar a resolver el problema de manera coherente. También usa hipótesis de tipo científico (HC), en las cuales tiene en cuenta las variables y sus relaciones, pero además saca conclusiones (Tabla 13, EM1, línea 6 y 7). Lo anterior, concuerda con Nersessian (1992), pues el E3 al realizar los experimentos del pensamiento, produce alternativas, hace predicciones, y saca conclusiones sobre potenciales situaciones del mundo real en las que él no está participando en el momento.

4.1.3. Establecimiento de narrativas

El estudiante usa dos tópicos que se refieren, primero a diversas estructuras vegetales sin definir su funcionalidad, a excepción la hoja a la cual le asignó una función excretora, (modelo analógico planta-animal) (tabla 10 de anexos, EM1); y segundo, utiliza el término alimento para hablar de las sustancias producidas, pero sin emplear conceptos como: savia

bruta, savia elaborada; Tampoco explica cómo se formaron de dichas sustancias, ni establece relaciones de causalidad.

E3 toma como escenario la misma 'planta (contexto físico). Además, tiene en cuenta el aspecto físico a nivel geográfico de un río y del mar (tabla 10 de anexos, EM1), y trata de representar el flujo de agua mediante un gráfico. También narra algunos elementos presentes en el mar y en el río (arena, tierra) y describe el agua utilizando adjetivos como: agua con sal; y agua dulce, y trata explicar la presencia de partículas blancas en las hojas de la planta del mar en relación con el desplazamiento de la misma y con la sal presente en el agua, por lo cual relaciona tres aspectos: contexto, acción y eventos.

E3 al realizar el experimento mental visualiza la planta como un personaje, y de hecho él también se visualiza como un personaje que interactúa con ese contexto físico y actúa dentro de él. Seguidamente describe secuencias de eventos que posee un orden y una secuencia lógica, de acuerdo con las formas como suceden generalmente las cosas en el mundo. A continuación, se muestra la serie de eventos planteada por E3 (ver tabla 14, EM1):

- Siembra una planta
- Toma agua de mar
- El niño se reduce de tamaño para entrar en la planta
- El agua va por la arena
- Las vellosidades de las raíces absorben el agua y los nutrientes
- Las raíces dirigen éstos hacia el tallo
- Se distribuyen por diversos caminos
- Cuando el agua de mar llega a la hoja la sal produce una sustancia blanca.

El estudiante al experimentar mentalmente se asume como observador, y trata de comprender cómo se nutren las plantas, pero no es consciente de porqué lo entiende, ni tampoco tiene en cuenta como los demás lo pueden comprender. Así mismo, describe las secuencias de eventos y especifica cuáles suceden primero y cuales después, y aunque no

establece relaciones de causalidad, trata de hacer inferencias que lleven a una solución (ver tabla 3 de anexos, EM1).

Es notorio que E3 usa del modelo analógico planta animal en las narraciones elaboradas (ver tabla 3 de anexos, EM1)

Tabla 14. Secuencias de eventos del E3

EM	SERIE DE EVENTOS	EXPERIMENTO MENTAL
EM1	<ul style="list-style-type: none"> • Siembra una planta • Toma agua de mar • El niño se reduce de tamaño para entrar en la planta • El agua va por la arena • Las vellosidades de las raíces absorben el agua y los nutrientes • Las raíces dirigen éstos hacia el tallo • Se distribuyen por diversos caminos • Cuando el agua de mar llega a la hoja la sal produce una sustancia blanca. 	<p>Yo me imagino sembrando una planta y luego tomé agua del mar y luego me vuelvo chiquito para entrar en la planta. Entonces el agua va por la arena y las raíces absorben el agua y los nutrientes por las vellosidades que tienen entonces esos nutrientes se fusionan con el agua entonces las raíces mandan ese alimento por el tallo para que cada pedacito de alimento se vaya por diferentes caminos, entonces el agua de mar es muy salada y al mandar alimento a la hoja se produce una sustancia Blanca provocada por la sal.</p> <p>Situación 2: Yo me imagino sembrando en la situación 2 una planta y luego tomando agua de un río como el agua del río es dulce podría que la planta crezca común y corriente luego me vuelvo chiquito y entré en la planta. Entonces el agua del río entra en la tierra y llega a la planta y luego las vellosidades absorben los nutrientes de la tierra y el agua entonces los nutrientes y el agua se fusiona formando el alimento luego el alimento se va al tallo y el tallo corta la comida en pedacitos, y cada pedacito se va por un camino diferente para que llegue a todas las partes de la planta. Al plantarla en el río fue una buena idea porque la planta sería común y corriente.</p>
	<p>EM2</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ingreso al árbol • Identificación del tamaño de las raíces 	<p>Cuando me meto en el árbol bajo hasta la raíz y me doy cuenta que sus raíces son muy grandes y a medida que crecen se vuelven más grandes y cuando</p>

		se choca
EM	SERIE DE EVENTOS	EXPERIMENTO MENTAL
	<ul style="list-style-type: none"> Las raíces más grandes dañan a las demás Competencia de las raíces por el alimento Relaciones de causalidad nutrientes- alimento-savia bruta, savia elaborada-vida. 	con otra raíz más grande la puede dañar y cuando la daña una raíz absorbe menos nutrientes y sin esos nutrientes no puede hacer la savia bruta, y sin la savia bruta no hay alimento y sin alimento no hay savia elaborada y sin savia elaborada no hay vida.
	<p>EM3</p> <ul style="list-style-type: none"> La hoja forma savia elaborada Desplazamiento de la savia elaborada por el floema Las hojas absorben fotones Combinación de fotones con savia elaborada Formación de la flor La flor absorbe luz y con el agua forma el polen Producción del olor por contacto del agua con el polen. 	Cuando la hoja forma la savia elaborada esa sustancia se va por un tubo que se llama floema Entonces cuando las hojas absorben los fotones los colores que absorben se combinan con la savia elaborada entonces se empieza a formar una pequeña materia llamada flor entonces va creciendo como si fuera una planta. Cuando ya haya crecido esa flor absorbe la luz y el agua para formar una sustancia llamada polen y cada vez que le cae agua al polen suelta un olor muy agradable

Eventos mencionados por E3 en cada uno de los experimentos imaginados.

Interrelación entre criterios en el EM1

E3 al experimentar mentalmente utiliza la narrativa como medio para expresar la situación que imaginó, y que dio pie a la construcción de una serie de eventos lógicamente concebidos e interconectados, de los cuales se desprendieron diversas inferencias e hipótesis que se redefinieron constantemente y de un modo flexible en aras de buscar posibles soluciones a la situación inicial.

Al inicio del experimento mental, E3 imagina el contexto físico o el escenario en el cual se desarrolla la situación, que en este caso es la planta, el mar y el río como lo manifiesta el estudiante. Igualmente, E3 identifica los personajes que interactúan en dicho escenario (El

niño y la planta), en este proceso el niño empieza a hacer inferencias, a anticipar a imaginar y a visualizar desde la memoria (Naressian, 1992).

En seguida E3 enuncia una secuencia de eventos en un orden lógico de acuerdo a cómo suceden las cosas en el mundo y cómo las concibe el niño según sus vicencias: Siembra una planta, Toma agua de mar, se reduce de tamaño para entrar en la planta, el agua va por la arena, las vellosidades de las raíces absorben el agua y los nutrientes, las raíces dirigen éstos hacia el tallo, se distribuyen por diversos caminos, cuando el agua de mar llega a la hoja la sal produce una sustancia blanca.

Dichos eventos se apoyan en expresiones verbales y figurativas que definen el grado de elaboración, de originalidad y de fluidez en el niño (elementos propios de la creatividad) y que dan lugar al surgimiento de diversas hipótesis, Collantes y Escobar (2016), las cuales son redefinidas de manera constante por el niño en búsqueda de la solución al problema planteado, como se verá a continuación.

En la expresión *siembro la planta*, E3 se está imaginando como un personaje que ejerce acciones en dicha situación, e igualmente concibe la planta como un escenario con el cual interactúa (entra a la planta reduciéndose de tamaño), empieza a ejercer un rol de observador y mira cómo el agua entra en la arena, y cómo la raíz es absorbida por la misma.

Presisamente allí, durante ese proceso de imaginación del escenario, E3 trata de plasmar sus ideas mediante expresiones figurativas y verbales Torrance, (como se citó en Jiménez *et al.*, 2007), que enriquecen el experimento mental; en términos de expresiones figurativas el niño usa detalles secundarios que decoran, completan la imagen que E3 tiene del escenario, y los cuales amplían la gama de alternativas a considerar en el experimento mental (ver Figura 2 y 3).

En la estructura del experimento imaginado se puede notar que E3 usó detalles en su expresión verbal que a simple vista carecen de importancia en el experimento, por ejemplo

“Tomo agua del mar”, expresión que fue usada para referirse a sustancia que surtió un efecto en el niño al ingerirla, con el objetivo de ingresar en la planta y verse como observador y como personaje que intenta predecir aspectos del comportamiento de la planta, por tanto dicha expresión tiene una utilidad dentro del experimento mental “como ya se manifestó. Lo anterior concuerda con Nersessian (1992) el cual asume que las narrativas experimentales que son coloridas tienen detalles que generalmente sirven para reforzar aspectos cruciales del experimento, y por tanto no son irrelevantes como lo sostiene Norton (1991).

Vale la pena recordar que los dichos detalles figurados unidos a la variedad de expresiones verbales, las ideas inusuales y la capacidad del niño para producir diferentes ideas fueron los aspectos que definieron la creatividad del niño en el experimento mental, en el marco del pensamiento de Torrance (como se citó en Jiménez *et al.*, 2007), en la tabla 10, y la tabla 4 de anexos se pueden ver los índices de creatividad obtenidos para la flexibilidad y la elaboración, de acuerdo a las tablas de baremación usadas para estimar el componente creatividad).

E3 en el proceso de imaginación aduce que la raíz tiene vellosidades le sirven a la planta para absorber los nutrientes, y las representa mediante dibujos (ver figura 2), visualizando la raíz como medio para incorporar el alimento; así mismo concibe que entre las raíces se presentan relaciones de competencia por el alimento; dicho pensamiento -según versión oral del niño- es producto de una salida de campo que realizó con su familia donde observó con detenimiento las raíces de las plantas, al respecto: “A edades tempranas, los niños suelen desarrollar la comprensión de los conceptos biológicos mediante experiencias directas y concretas con los seres vivos, su ciclo de vida y sus hábitats (como se citó en Barrutia *et al.*, 2016).

Por otra parte, E3 manifiesta que el agua de mar tiene sal (E3 manifiesta haber estado en el mar); al respecto, E3 infiere que la sal es un químico que la planta no reconoce ni puede

consumir, pero no entra en detalles, lo cual se pueda deberse al grado de escolaridad del niño, y también a que el niño posiblemente no haya accedido antes a procesos de aprendizaje o de enseñanza en torno a ésta temática, por esta razón: es viable y conveniente promover la idea de nutrición en plantas verdes en los niños de la básica primaria, como incorporación de una solución diluida de sales por las raíces. (Cañal, 1991). Es por ello, que la situación dada al estudiante se centró de modo intencional en las sales diluidas del mar, para orientar al niño hacia el aprendizaje de la nutrición vegetal.

En la situación imaginada E3 no pierde de vista el tópico central de su experimento mental “nutrición de las plantas” y continúa imaginando que dichas sustancias ascienden a través de diversas estructuras vegetales como el tallo hasta llegar a las hojas, por lo cual van apareciendo otros subtemas que se derivan del principal (raíz, vellosidades, tallo, hoja); en este apartado el niño por su grado de escolaridad no explica en términos biológicos lo que sucede en la planta para permitir el ascenso de las sustancias hacia el tallo. Así mismo, no hace referencia en términos cinéticos a los conductos por los cuales circulan las sustancias dentro de los mismos, sólo aduce que el alimento se va por diferentes caminos hasta llegar a la hoja en la cual se dan fenómenos de excreción de sales (sin contemplar otras funciones para la hoja); además, E3 en su experimento concluye que la sal es un producto de la excreción que sale por la hoja, al no ser asimilada por la planta.

Tabla 15. Combinación de criterios para del experimento mental 1.

ESTABLECIMIENTO DE NARRATIVAS	IDEAS INUSUALES	MANEJO DE HIPÓTESIS	REDEFINE IDEAS
<p>Del mar y luego me vuelvo chiquito para entrar en la planta. Entonces el agua va por la arena y las raíces absorben el agua y los nutrientes por las vellosidades que tienen entonces esos nutrientes se fusionan con el agua entonces las raíces mandan ese alimento por el tallo para que cada pedacito de alimento se vaya por diferentes caminos, entonces el agua de mar es muy salada y al mandar alimento a la hoja se produce una sustancia Blanca provocada por la sal”.</p> <p>Situación imaginada 2: Yo me imagino sembrando en la situación 2 una planta y luego tomando agua de un río como el agua del río es dulce podría que la planta crezca común y corriente luego me vuelvo chiquito y entró en la planta. Entonces el agua del río entra en la tierra y llega a la planta y luego las vellosidades absorben los nutrientes de la tierra y el agua entonces los nutrientes y el agua se fusiona formando el alimento luego el alimento se va al tallo y el tallo corta la comida en pedacitos, y cada pedacito se va por un camino diferente para que llegue a todas las partes de la planta. Al plantarla en el río fue una buena idea porque la planta sería común y corriente.</p>	<p>Grasa saturada</p> <p>Calor</p> <p>La sal tiene químicos que no reconoce</p> <p>Rayo ultravioleta</p> <p>Sombra</p> <p>Vellosidades</p> <p>Rayos solares</p> <p>Nieve</p>	<p>La planta que estaba junto al mar creció menos porque el agua es muy salada y hace mucho calor. La otra creció menos porque estaba en las condiciones aptas y seguras.</p> <p>A la planta 1 le afecta porque al tener altas cantidades de sal, la sal tiene sustancias que la planta no puede consumir químicos no reconocibles.</p> <p>El crecimiento de la planta puede estar afectado por el calor, el agua salada y además la arena.</p> <p>Al formarse las sustancias con sal la planta tendría menos vida por toda la sal y la grasa saturada.</p> <p>Descartaría que le afecta el agua salada, si no que le afecta la grasa y el calor “rayos solares” rayo ultravioleta.</p> <p>La planta 2 creció más porque estaba al sol y sombra y el agua no tenía sal.</p> <p>La temperatura afecta el crecimiento de la planta porque hay climas que son mortales</p> <p>Cuando yo plantó una planta en la nieve la planta crece, pero en ciertas ocasiones las hojas de la planta se congelarían.</p>	<p>El agua del río es dulce</p> <p>El agua entra a la tierra</p> <p>El agua entra a la arena</p> <p>El alimento se va por diferentes caminos</p> <p>El alimento se va al tallo</p> <p>El tallo corta la comida en pedacitos</p> <p><i>La sal tiene sustancias que la planta no puede consumir químicos no reconocibles.</i></p> <p><i>“Una de las plantas creció menos porque se puso en un lugar donde le afectan los rayos ultravioletas y la grasa de la sal”.</i></p> <p><i>Le afecta la grasa y el calor “rayos solares” rayos ultravioleta.</i></p> <p><i>“El crecimiento de la planta puede estar afectado por la grasa saturada en los rayos del sol y en la arena caliente”.</i></p> <p><i>“La planta 2 creció más porque estaba al sol y sombra</i></p>

Expresiones verbales dadas por E3 en cada criterio de experimentación mental del experimento mental 1.

A partir de esta simulación, E3 introduce otros términos científicos como: calor, rayos ultravioleta, rayos solares, sombra, fenómenos día-noche (Tabla 10, EM1) , que corresponden a ideas inusuales (respecto a las del grupo) , y que hacen parte del establecimiento de diferentes hipótesis (ver tabla 6 de anexos). Al respecto mientras el niño experimenta mentalmente razona y construye hipótesis, que le ayudan a resolver el problema planteado en la situación inicial, “Gracias a la educación temprana y a la racionalidad mejorante, el niño puede concebir nuevas formas de aprendizaje, y son fuente de apoyo para la enseñanza de las ciencias ya que posee herramientas cognitivas que permiten mejorar su realidad” Gillièron (1985).

Dado lo anterior, el niño razona cuando en *el proceso cognitivo se le exige dar respuestas a problemas previamente planteados*, Collantes y Escobar (2016). La redefinición del pensamiento (ver referente) posibilitan cambios de un enfoque a otro a partir de la flexibilidad (Componente de la creatividad) ; cabe anotar, que la redefinición del pensamiento del E3 se dio desde que enuncia la situación imaginada donde éste expresa una serie de eventos que irá replanteando mientras experimenta mentalmente en torno a una potencial situación o problema del mundo del que no está participando en ese momento (Nersessian,1992); es en este punto donde convergen el replanteamiento del pensamiento con la flexibilidad como componente de la creatividad, toda vez que la flexibilidad está dada por la capacidad del niño para producir diferentes ideas Torrance, (como se citó en Jiménez *et al.*, 2007), que ayuden a replantear de manera constante el pensamiento, en aras de alcanzar la solución al problema planteado.

En este caso, el pensamiento de E3 pasó de un enfoque donde la sal y el calor afectaban el crecimiento de la planta, a otra forma de pensamiento en la cual el crecimiento estaba dado

por dos aspectos: la sombra y la luz, lo cual tiene relación con los fenómenos día noche de la fotosíntesis. Por tanto, se puede evidenciar que E3 empezó desde el EM1 a contemplar aspectos relacionados con el modelo fotosintético. Lo anterior, deja ver que es posible fomentar la enseñanza en las aulas de básica primaria sobre la nutrición vegetal, como base para que el niño forje futuros aprendizajes en torno a dicha temática, lo cual va en contravía con algunos estudios que confirman la “incapacidad de los niños de primaria para comenzar el aprendizaje de los procesos de la fotosíntesis, estimándose que hacia los doce años empezaría a ser viable una aproximación coherente a la misma”(Grupo de investigación INRP en 1976 dirigido por Victor Host (como se citó en Cañal de León,1991).

En síntesis , de acuerdo a los aspectos mencionados, es notorio ver como E3 experimenta mentalmente, construyendo una especie de tejido narrativo en el cual se relacionan e interactúan los cuatro criterios de experimentación mental: Creatividad,originalidad, manejo de hipótesis y redefinición de ideas; donde la creatividad juega un papel importante en la capacidad del niño para tejer la narración a partir de expresiones inusuales, uso de detalles en la expresión figurada, y expresiones verbales variadas, usadas por E3, y que fortalecen la estructuración de las narraciones elaboradas en la situación imaginada. Así mismo, la redefinición del pensamiento ayudó a E3 a tener varias perspectivas durante todo el experimento mental , dando lugar a la formulación de hipótesis en el cual se evidenció la formulación de hipótesis de diversas tipologías Collantes y Escobar (2016)

4.2.Experimento mental 2

Situación 2

Imagina que estás sobrevolando la selva amazónica ubicada en Colombia, la cual está muy poblada de vegetación; y notas que hay árboles que sobresalen más que otros. ¿Cómo puedes explicar este fenómeno?

“Cuando me meto en el árbol bajo hasta la raíz y me doy cuenta que sus raíces son muy grandes y a medida que crecen se vuelven más grandes y cuando se choca con otra raíz más grande la puede dañar y cuando la daña una raíz absorbe menos nutrientes y sin esos nutrientes no puede hacer la savia bruta, y sin la savia bruta no hay alimento y sin alimento no hay savia elaborada y sin savia elaborada no hay vida”.

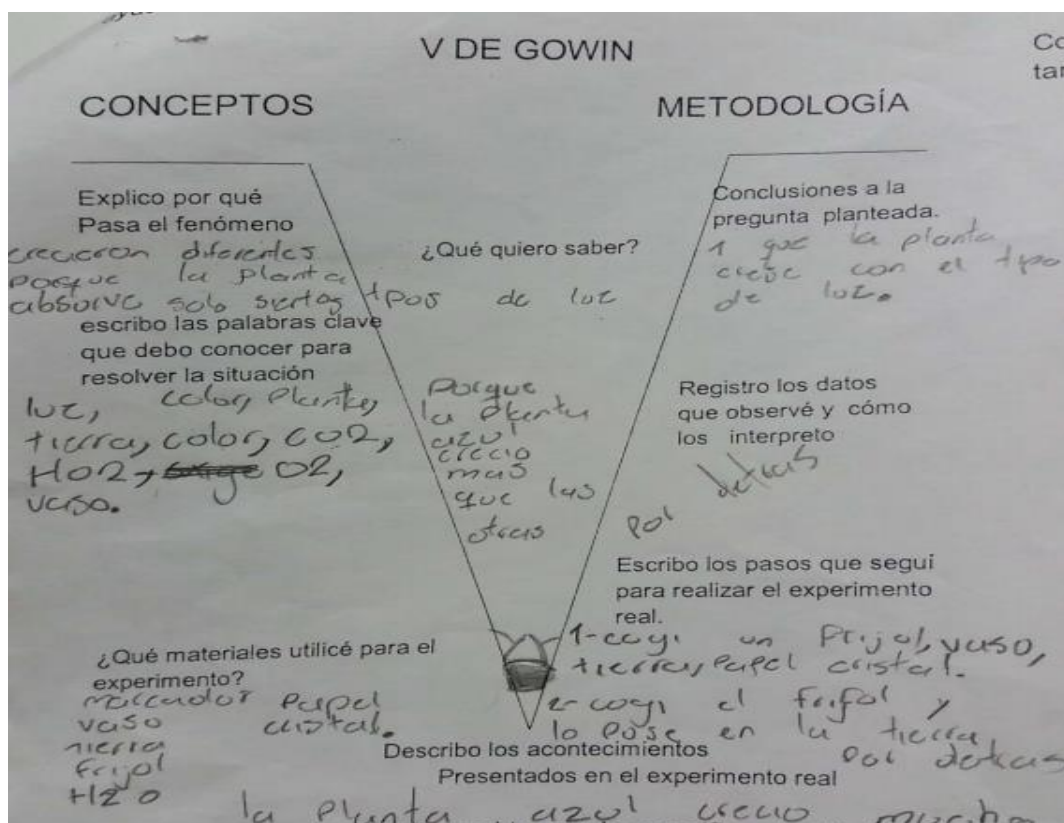
La originalidad

E3 en primer lugar se refiere a la raíz visualizándola como una estructura de la planta que capta diversos nutrientes a través del suelo. En este sentido, E3 deja a un lado la posibilidad de que la incorporación de sustancias se realice también desde la hoja; unido a lo anterior, también contempla sistemas de competencia entre las raíces para la obtención del alimento (ver Anexo 5 , EM2, línea 1). Por lo anterior, se puede decir entonces, que E3 cuando experimenta mentalmente piensa en la relación existente entre las plantas y su entorno, intentando predecir aspectos del comportamiento de las plantas en el contexto. En segundo lugar, el E3 usa otras expresiones donde le da importancia de la luz en la nutrición, ya que al preguntarle que elementos son necesarios para realizar el proceso de la fotosíntesis, menciona que uno de ellos es la luz: Co₂, luz, agua, clorofila, savia bruta, cloroplastos, y luego especifica que ésta absorbe sólo ciertos tipos de luz: “..Las plantas crecen diferentes por que la planta sólo absorbe ciertos tipos de luz” (ver figura 6); cabe anotar que antes no consideraba que el tipo de luz afectara el crecimiento de la planta; posteriormente, replantea su pensamiento manifestando que los tipos de luz afectaron el crecimiento de las plantas, E3

al respecto comenta: “Si afecta porque la planta sólo absorbe un tipo de luz (verde)”.

Sumado a esto, más adelante concluye: “Que la planta crece con el tipo de luz”. Dado lo anterior, se puede ver que E3 trasciende del concepto fortificador de la luz como generalmente lo asumen los niños de la básica primaria.

Figura 5. V de Gowin



Pie de figura V de Gowin empleada por E3 en la cual manifiesta que los tipos de luz influyen en el crecimiento de las plantas

Después, utiliza el término energía lumínica, grana y fotones, los cuales se aproximan más al modelo fotosintético. Relaciona implícitamente las granas con los cloroplastos, pues al preguntarle al niño sobre la importancia que tienen los cloroplastos para el proceso de la fotosíntesis aduce: “La grana sirve para que la luz del sol se absorba y que refleje el color verde, la Grana es la que hace este proceso” (fragmento mencionado por E3). Así mismo manifiesta que la energía lumínica unida a otros factores interviene en la producción de

oxígeno que la planta libera, pero no justifica su respuesta, tal como se muestra en el siguiente fragmento emitido por E3:

Expresión verbal de E3 en el experimento mental 2

¿de dónde proviene el oxígeno que la planta libera?	De la combinación de agua y savia bruta	de la combinación de CO_2 , H_2O , y energía luminica
---	---	--

Expresiones verbales dadas por E3 para explicar la procedencia del oxígeno.

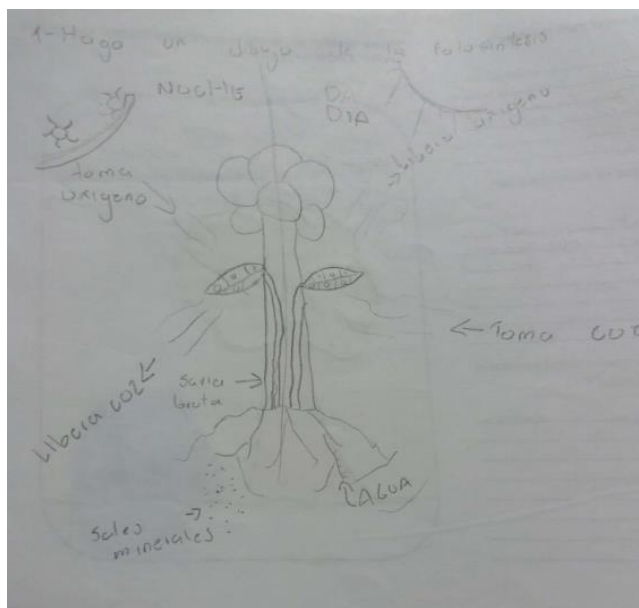
4.2.1. Subcategoría Elaboración en la expresión figurada

En este experimento mental se puede evidenciar un dibujo en el cual el estudiante utiliza sombras en la parte superior de los árboles y también usa el color verde y café para la copa de los mismos; es posible que el niño haya relacionado estos colores como producto de experiencias vividas en un contexto (Ver tabla 11. EM2, línea2).

Dado lo anterior, color verde también puede ser un indicio de que E3 se refiere a uno de los pigmentos fotosintéticos, la clorofila, ya que, al preguntarle por el papel de la clorofila en la fotosíntesis, E3 relaciona dicha estructura con las granas, afirmando que éstas son las que le dan el color verde a la planta (Ver tabla 12, EM2, línea1). Otro aspecto a tener en cuenta es que en dicha gráfica no aparecen etiquetas o títulos que expliquen el gráfico y le den un valor agregado.

En un dibujo, realizado por el E3 (ver figura 7) se puede apreciar que éste tiene en cuenta los fenómenos día-noche (Tabla 11, EM2, Línea 2), los cuales se relacionan con la fase lumínica y la fase oscura de la fotosíntesis (Modelo fotosintético)

Figura 6. La fotosíntesis



Dibujo en el cual E3 representa el proceso de la fotosíntesis

El niño relaciona las dos fases de la fotosíntesis, y representa simbólicamente dos gases que participan allí, y la manera como se da el intercambio de los mismos en dicho proceso (ver figura 7). En este sentido E3 también afirma: “Que en la fase oscura toma oxígeno y bota CO2. Que en la fase lumínica toma CO2 y bota oxígeno, que en la fase lumínica toma luz “.

De otro lado, en la Figura 7, E3 añade elementos secundarios como: 2 figuras en forma de Círculo con cinco prolongaciones cada una en la fase oscura, lo cual puede indicar que se trata posiblemente de estrellas, y puede ser un indicio de que el niño haya percibido en su contexto las estrellas y la luna, que salen sólo en las noches. Igualmente, sigue utilizando unas líneas que simulan ya no sólo el movimiento del dióxido de carbono como en el EM1, sino también del oxígeno (Tabla 11, EM2, Línea 2), aspecto propio del modelo oxido-reducción; es decir, simboliza el intercambio gaseoso que se da en la fotosíntesis. Por último, emplea puntos para representar las sales minerales presentes en la nutrición vegetal. Por lo anterior, el E3 emplea cuatro detalles en este experimento mental, lo que lo ubica en la rúbrica en un nivel 3 de elaboración (Tabla 11, EM2).

4.2.1.1 Subcategoría flexibilidad en la expresión figurada

Aquí el E3 también se refiere a diversas categorías del modelo analogía planta animal; donde asume que la hoja posee estomas, aunque no la visualiza como otro medio por el cual la planta incorpora sustancias (ver figura 7). Así mismo pasa de usar la categoría conductos (sitio por donde circulan sustancias), a utilizar la categoría “savia bruta” (como sustancia que circula dentro del conducto); por otro lado, continúa resaltando la importancia del agua para la nutrición vegetal (modelo de la transmutación). Seguidamente, empieza a concebir otra categoría relacionada con los gases que participan en la fotosíntesis, dióxido de carbono y oxígeno propios del modelo óxido- reducción.

Por otra parte, el estudiante ya no habla sólo del sol sino que empieza a concebir la importancia del día y la noche en la fotosíntesis (Tabla 3 del anexo, EM2), y refuerza este pensamiento en uno de sus dibujos (ver figura 7). Por lo anterior, es posible que se haya referido a los fenómenos día noche, es decir fase lumínica y fase oscura del proceso fotosintético.

4.2.1.2 Subcategoría fluidez en la creatividad figurada

El estudiante elabora una gráfica (ver tabla 11, EM2, Línea1), en la cual colorea de verde la copa de los árboles, lo cual pueda deberse a experiencias vividas en su contexto. En el gráfico del (Ver tabla 11, EM2, línea 2), el estudiante explica detalladamente el proceso fotosintético, y aunque todavía usa términos del modelo analógico planta- animal, representa el intercambio gaseoso que se da en la fotosíntesis, y adicionalmente contempla los fenómenos día y noche que suceden en la misma; sin embargo, no concibe la hoja como medio para incorporar nutrientes además de la raíz.

4.2.2. Categoría redefinición del pensamiento en la experimentación mental

En el EM2 el estudiante habla de la raíz, pero en términos de relaciones de competencia por el alimento: ““Cuando me meto en el árbol bajo hasta la raíz y me doy cuenta que sus raíces son muy grandes y a medida que crecen se vuelven más grandes y cuando se choca con otra raíz más grande la puede dañar y cuando la daña una raíz absorbe menos nutrientes”. La expresión anterior se refiere a los procesos de interacción de la planta con el medio (ver Tabla 5 de anexos, EM2, Línea 1), aspecto que deja entrever que el estudiante es capaz de anticiparse y visualizar desde la memoria (Nercessian, 1992) una versión diferente de un mismo escenario, que en este caso es de la funcionalidad de las raíces.

Estima cómo a través de las estructuras vegetales se dan procesos de transporte y conversión de unas sustancias a otras (ver tabla 10 EM2, Línea 2), aspectos que son propios del modelo analógico y de la transmutación (ver referente conceptual).

Así mismo, E3 le da importancia al aire en la nutrición vegetal específicamente en la fotosíntesis (ver tabla 10, EM2, línea 3) modelo flogisto, y a partir de allí empieza a concebir de manera más específica los gases que participan en la nutrición de las plantas (ver figura 7). Así pues, en el EM2 E3 consideraba inicialmente que el oxígeno provenía del agua y de la savia bruta: *“El O₂ proviene de la combinación de agua y savia bruta”*, pero después redefine su pensamiento y expresa que *“el O₂ es producto de la combinación del dióxido de carbono, agua, energía lumínica, y savia elaborada”* (ver tabla 10, EM2, línea 6). En este punto también se refiere a la energía lumínica, dándole importancia a la luz en el crecimiento y desarrollo de la planta, pero sin dar detalles sobre los procesos de transformación que suceden y dan lugar a otros tipos de energía, para que las moléculas de agua se rompan y den origen al oxígeno como tal.

Posteriormente no sólo piensa en la importancia de la luz en la fotosíntesis como ya se dijo, sino que también asume que la ausencia de la misma es importante (ver figura 7). De

este modo sostiene que la fotosíntesis se comporta diferente en el día que en la noche (ver tabla 10, EM2, línea 11), lo cual dio lugar a considerar términos como fase oscura y fase lumínica de la fotosíntesis; adicionalmente, hace alusión a los intercambios de gases que se dan en cada una de las fases de la fotosíntesis (ver tabla 5 de anexos EM2, Línea 12). Igualmente, destaca la importancia de las granas que ayudan a absorber la luz del sol en el proceso fotosintético: “La “Grana sirve para que la luz del sol se absorba y que refleje el color verde, la Grana es la que hace este proceso” (ver tabla 5 de anexos, EM2, Línea 10).

4.2.3.Subcategoría Manejo de hipótesis

En el EM2 parte del modelo analógico planta animal y utiliza hipótesis direccionadas hacia las relaciones de competencia entre las raíces de las plantas, para competir por los nutrientes (ver tabla 7 de anexos, EM2, línea 1,2 ,3); seguidamente, trata de establecer hipótesis relacionadas con la procedencia del oxígeno (ver tabla 7 de anexos, EM2, línea 5 y 6), y con la incidencia de la luz en el proceso de la fotosíntesis (ver ver tabla 7 de anexos, EM2, línea 7). Además, incluye las granas como estructura importante en el proceso de absorción de luz (ver Tabla 7 de anexos, línea 9). De igual manera establece hipótesis donde habla de la utilidad del dióxido de carbono tanto en el proceso fotosintético, como en el proceso de formación del fruto de un modo superficial (ver Tabla 7 de anexos, línea 11 y 12).

En el EM2 el E3 pasa de elaborar hipótesis de causalidad donde relaciona causa-efecto (Ver tabla 15, EM2, Línea 1) a construir hipótesis de relación compuesta (Tabla 15, EM2, EM2, Líneas 5), a partir de las cuales establece diversas variables para solucionar el problema (ver anexo 15, EM2, Líneas 5) , dando lugar a hipótesis de tipo alterno y de conexión, donde el E3 presenta varias respuestas, conecta variables, y estima nuevos elementos (Ver tabla 15, EM2, Línea 6). Por último, aparece la hipótesis científica, donde el E3 tiene una explicación más elaborada y es capaz de concluir para resolver el problema.

4.2.4. Establecimiento de narrativas

E3 le da continuidad a la construcción de eventos, y se sigue visualizando como personaje, que ingresa al interior de la planta e infiere algunos aspectos del comportamiento de la planta cuando se está alimentando. Dichas inferencias le permiten hacer relaciones causales que lo llevan a establecer hipótesis variadas, en aras de resolver el problema planteado en la situación inicial. Dado lo anterior, E3 plantea posibles soluciones; una de ellas se relaciona con el tamaño de las raíces Vs la capacidad para competir por el alimento (Ver tabla 15 de anexos, EM2), como manifiesta E3 en el siguiente fragmento: *“sus raíces son muy grandes y a medida que crecen se vuelven más grandes y cuando se choca con otra raíz más grande la puede dañar y cuando la daña una raíz absorbe menos nutrientes”*.

Como se ve en el fragmento anterior, E3 emplea algunos adjetivos que confieren una relación de poder en la competencia por el alimento. Así mismo, le da relevancia a la producción de sustancias al interior de la planta empleando términos científicos diferentes a los ya usados, pero sin precisar las demás estructuras que hicieron posible la circulación de dichas sustancias (Ver tabla 14, EM2).

E3 asume la planta como contexto físico: “Cuando me meto en el árbol bajo hasta la raíz y me doy cuenta que sus raíces son muy grandes”, y lo toma como el escenario a través del cual ingresa para imaginar la secuencia de eventos. Se visualiza a sí mismo como un personaje, pero a la vez como un observador que está atento a cómo se comportan las raíces internamente; de hecho, las raíces también se convierten en personajes al estar interactuando unas con otras para poderse alimentar. A continuación, los eventos visualizados en la narración del E3:

- Ingreso del niño al árbol
- Acción de desplazamiento hasta la raíz
- Toma el papel de observador

- Identificación del tamaño de las raíces
- Las raíces más grandes dañan a las demás
- Competencia de las raíces por el alimento
- Relaciones de causalidad nutrientes- alimento-savia bruta, savia elaborada-vida.

E3 trata de entender cómo el tamaño de la raíz, afecta la competencia por el alimento, y en sí la producción del mismo al interior de la planta, siendo un poco más consciente del porqué entiende la situación. Sin embargo, cuando escribe su situación imaginaria no es consciente si otras personas puedan comprender la narración imaginada.

4.2.5. Interrelación entre criterios en el EM2

E3 asume al principio de la situación imaginada, características físicas y condiciones ya concebidas al inicio del experimento 1, como punto de inicio para el siguiente experimento mental (EM2) , y así poder narrar en una secuencia los eventos que preceden para luego ingresar a la planta en el EM2; Es de anotar, que dichas condiciones están implícitas en la estructura del experimento mental 2. De este modo, el estudiante ingresa directamente a la planta y se convierte en un observador activo, que viaja al interior misma; por lo cual, se puede afirmar que E3 se ve así mismo como personaje viajero que ingresa al interior de la planta, la cual también considerada en dos aspectos: el primero como, escenario o contexto físico de la situación, y el segundo como personaje que interactúa en dicho contexto. E3 enuncia entonces una serie de eventos, centrados en el sistema de competencia entre las raíces por el alimento, donde las raíces de mayor tamaño dominan sobre las demás: Ingreso al árbol, Identificación del tamaño de las raíces, Las raíces más grandes dañan a las demás, Competencia de las raíces por el alimento, Relaciones de causalidad

Un aspecto destacado en la situación imaginada, es que en la descripción de los eventos E3 asume la incorporación de sustancias a través la raíz de la planta, y no contempla otros medios de incorporación de sustancias como la hoja (Cañal,1990). Seguidamente, E3

menciona sistemas de competencia entre las raíces por el alimento, donde manifiesta una relación proporcional entre el tamaño de la raíz y la absorción de alimento (modelo analógico planta-animal. Posteriormente, establece relaciones causales en la producción del alimento en el siguiente orden: nutrientes- alimento-savia bruta, savia elaborada-vida. Cabe anotar que en la situación imaginada E3 no precisa sobre los conductos por los cuales circulan estas sustancias al interior la planta.

Hasta aquí E3 ha empleado el modelo analógico planta animal para hacer su simulación mental. Y a partir de allí hace inferencias durante toda intervención (ver tabla 7 de anexos) que le ayudaron a ir concibiendo otros modelos de nutrición en plantas.

E3 expresó figurativamente el proceso de la fotosíntesis, a través de un dibujo, con elementos específicos relacionados con la decoración, embellecimiento del dibujo, representación de la idea central en el marco del pensamiento creativo de Tornace, 1974 (Tomado por Jiménez... et al., 2007), dichos detalles le ayudaron a E3 a estimar el concepto de clorofila y granas, afirmando en una de sus hipótesis que éstas últimas son quienes le dan el color verde a la planta (Tabla 7 de anexos, Línea 8). Así mismo, en este dibujo ratificó una idea que tenía desde el EM1, y es que tanto la ausencia como la presencia de luz es importante en el proceso fotosintético; sin embargo, en este experimento ya habla de que la fotosíntesis sucede en dos fases: la lumínica y la fase oscura (ver Figura 7). Cabe resaltar que E3 concibe la fotosíntesis de manera adecuada como aquel proceso por el cual la planta hace intercambio gaseoso, donde en el día toma CO_2 y expulsa O_2 , y en la noche hace lo contrario (Cañal, 1990), este autor sostiene que muchos niños se confunden e interpretan de manera inadecuada el intercambio de gases. Adicionalmente, cuando el niño habla sólo de intercambio de gases, se podría pensar en que sólo piensa en la respiración en plantas en términos de intercambio de gases sin darle otro sentido a la respiración (Cañal, 1990); sin embargo, el hecho de que E3 hubiere contemplado el intercambio de gases de forma

adecuada es un logro, debido a su grado de escolaridad, ya que en el currículo no se profundiza tanto en la teoría de la nutrición en plantas en el grado cuarto.

Por otro lado, las expresiones verbales, incluidas las inusuales – Raíz (competencia por alimento), Árboles (tamaño), Energía lumínica, Grana, Luz (tipos), aire - fueron pieza clave en la construcción de diversos tipos de hipótesis que acercaron el niño a mencionar aspectos del modelo fotosintético, tales como:

“Los árboles más grandes y las raíces de los otros pueden afectar el crecimiento de la planta.

“... al romper las raíces el árbol no absorbe los suficientes nutrientes y sin esos nutrientes no hay alimento y sin ese alimento el árbol no crecería.

Los árboles grandes dañan el crecimiento a los otros.

Descartaría que los árboles grandes absorbían la comida.

El O₂ proviene de la combinación de agua y savia bruta

El O₂ proviene de la combinación de CO₂, H₂O energía lumínica y savia elaborada

Los tipos de luz no afectan el crecimiento porque la planta absorbe esos colores

Las plantas sólo absorben ciertos tipos de luz.

Si la planta no tomara el CO₂ del aire La planta no podría hacer que pasara la fotosíntesis y sin esa fotosíntesis no hay aire y sin aire no podríamos vivir.

Sin la fotosíntesis no hay oxígeno”.

Dichas hipótesis fueron posibles gracias a la capacidad que tuvo E3 de replantear las ideas y descubrir el lugar en el cual debe hacer sus reformas conceptuales como base para construir nuevas representaciones (Nersessian, 1992). Por ejemplo: varias de las hipótesis E3 infería la procedencia del oxígeno como se muestra en el párrafo anterior; y cada vez que descartaba una hipótesis construía nuevas representaciones. En este punto se evidencia que el estudiante replantea su pensamiento desde que imaginó la situación inicial, de modo que transformó sus

ideas para cambiar de un enfoque de pensamiento a otro, en aras de obtener nuevas representaciones orientadas a la solución del problema planteado. Por ejemplo, el niño concebía en una de las hipótesis que el oxígeno venía del agua y la savia bruta, y después introdujo nuevos elementos *-El O₂ proviene de la combinación de CO₂, H₂O energía lumínica y savia elaborada-* Si la planta no tomara el CO₂ del aire La planta no podría hacer que pasara la fotosíntesis y sin esa fotosíntesis no hay aire y sin aire no podríamos vivir- que le ayudaron a hacer las reformas conceptuales de manera autónoma a través de varias hipótesis. Por lo anterior, es notorio que E3 concibe la fotosíntesis en términos de respiración, donde el gas oxígeno es producido en dicho proceso (modelo fotosintético); pero deja a un lado otro sentido de la fotosíntesis ligado a la fabricación de alimento y a la producción de energía Cañal, (1990). Sin embargo, en la secundaria y en cursos de pregrado es donde se profundiza en este tema, lo que no significa que no se deba trabajar desde la básica primaria.

Cabe anotar que las hipótesis formadas fueron de conocimiento previo y de relación, y las hipótesis de causalidad fueron las más usadas por E3, dado que las primera *“son básicas para cualquier formulación de hipótesis; la de relación sigue en este orden y es muy utilizada en todas las edades, no solo por ser básica, sino porque al relacionar las variables se hace imprescindible”* (Collantes y Escobar, 2016); por su parte las hipótesis de causalidad se usan frecuentemente pues el niño tiene en cuenta las consecuencias en la toma de decisiones.

De acuerdo a los aspectos mencionados es notorio ver como E3 visualiza la experimentación mental, como un tejido narrativo en el cual se relacionan e interactúan los cuatro criterios de experimentación mental: Creatividad, originalidad, manejo de hipótesis y redefinición de ideas; dicha interacción es constante y permanente y siempre se orientan hacia la solución del problema planteado en la situación inicial.

4.3. Experimento mental 3

Situación 3

Simulación mental

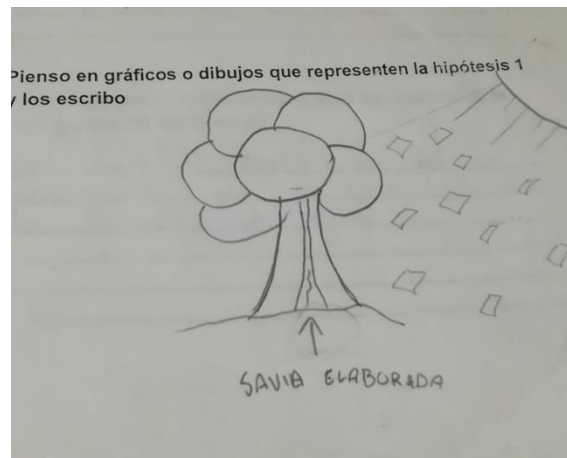
“Cuando la hoja forma la savia elaborada esa sustancia se va por un tubito que se llama floema Entonces cuando las hojas absorben los fotones los colores que absorben se combinan con la savia elaborada entonces se empieza a formar una pequeña materia llamada flor entonces va creciendo como si fuera una planta. Cuando ya haya crecido esa flor absorbe la luz y el agua para formar una sustancia llamada polen y cada vez que le cae agua al polen suelta un olor muy agradable”.

La originalidad

En el EM3, E3 expresa ideas inusuales relacionadas con el sistema de vascularización y transporte de sustancias a nivel interno de la planta, mencionando conceptos científicos como “Xilema y floema” (ver Anexo 5), EM3 línea 2 y 3) (Ver tabla 10); además, se refiere a la savia elaborada como sustancia esencial en la formación de la flor. En la simulación mental hecha por E3 enuncia otras funciones que cumple la hoja, donde no la visualiza sólo como una estructura más de la planta con funciones excretoras (estomas) , sino que cumple con otros roles como : La absorción de los fotones, la producción de la flor a partir de la hoja modificada (ver Tabla 5 de anexos,EM3) : - “Entonces cuando las hojas absorben los fotones los colores que absorben se combinan con la savia elaborada entonces se empieza a formar una pequeña materia llamada flor”- (Modelo fotosintético).Es conveniente aclarar que E3 a pesar de dar numerosas funciones a la hoja, no contempla la misma en términos de incorporación de sustancias para nutrirse la planta.

4.3.1. Subcategoría Elaboración en la expresión figurada

Figura 7. Representación de los fotones y la savia elaborada para formar la flor



Representación de la hipótesis 1 del E3 que habla sobre la formación de la flor gracias a la combinación de los fotones y la savia elaborada.

Figura 8. Proceso de formación de la flor



Representación del proceso de la formación de la flor en el cual E3 asume la flor como na derivación de la hoja modificada.

En la Figura 9 se evidencia que E3 maneja sombras para representar los filamentos de la flor; por otra parte, concibe la flor como la derivación de una hoja modificada; además, muestra en detalle otros elementos secundarios ligados en el proceso de reproducción de la flor , tales como: Dibuja todas las partes de la flor con sus etiquetas dando a conocer su estructura y los procesos se dan en su interior hasta formar el fruto; identificación de sexos

masculino y femenino (androceo y gineceo), existencia de filamentos, representación del estilo y el pistilo. Así mismo, se refiere a otro elemento secundario como el desplazamiento del polen hacia el ovario para unirse con los óvulos, caída de los pétalos, pero sin mencionar los agentes que causan la polinización, aspecto que complementa la formación de la flor. Por lo anterior, el niño en el EM3 uso cinco detalles que lo ubican en el nivel 4 de elaboración (Ver tabla 11, EM3). Según los datos suministrados en la rúbrica (Anexo 6), se aprecia como el nivel de detalle va mejorando con cada experimento mental realizado. De allí que los experimentos mentales sirven como herramienta para mejorar el grado de elaboración en la expresión figurada, y por ende para mejorar la creatividad del estudiante cuando experimenta mentalmente, favoreciendo de esta manera los modelos explicativos del estudiante en torno a la nutrición vegetal.

4.3.1.1 Subcategoría flexibilidad en la expresión figurada

E3 usa las siguientes categorías en toda la realización del EM3: Androceo, Gineceo, Cáliz, estilo, pistilo, sépalos, óvulo, ovario, polen, fotones, pétalos, estambres.

Dichas categorías permitieron a E3 explicar paso a paso el proceso de reproducción de la flor de manera figurativa; lo anterior, puede deberse a que en el EM3 se plantea una situación inicial alusiva a dicha temática. Así mismo, usa diversas categorías relacionadas con las estructuras que hacen parte de la morfología de la flor (ver tabla 3 de anexos, EM3). Luego emplea la categoría “fotones” trata de representarlos en un dibujo, en el cual afirma que “la flor se formó gracias a las combinaciones de los fotones y la savia elaborada” (ver figura 8).

Dado lo anterior se evidencia que E3 se aproxima de nuevo al modelo fotosintético, claro está que lo hace a nivel de la básica primaria. En la Anexo 8, se puede apreciar que el estudiante E3 usó 8 categorías, en tanto que en el EM2 se refirió a 7 categorías, y en el EM3

utilizó cuatro categorías. Cabe anotar que el instrumento de baremación (Jiménez *et al.*, 2007) (ver tabla 11 de anexos, con listado alfabético) que se tuvo en cuenta para este análisis no aplica para todas las áreas del conocimiento, pues no alberga muchas de las subcategorías que el E3 tenía, de modo que la categorización se vuelve poco versátil. Por ello, fue necesario utilizar la categoría “otros” en innumerables ocasiones, y de esta manera quizá afecte un poco el número de categorías usadas por el E3.

En la tabla 15 se presenta la rúbrica empleada en este estudio (Ver tabla 4 de anexos) para valorar el componente creatividad en la expresión figurada, donde se aborda la flexibilidad y la elaboración figurativa (ver referente conceptual) en su conjunto. En aras de hacer más comprensible la medición de la flexibilidad, se le asignará un punto a cada categoría diferente usada por el estudiante E3 (Ver tabla 3 de anexos) en cada experimento mental; dicho puntaje se suma en cada uno de los experimentos mentales, obteniendo un puntaje final, el cual se ubica en el instrumento de baremación para cuarto de primaria (ver tabla 11 de anexos), y se busca en la columna de flexibilidad (FX) en la fila donde aparecen los distintos componentes de la creatividad; a partir de allí, se leen los percentiles a los que pertenece. Para hacer más sencilla la lectura de la tabla se debe tener en cuenta lo siguiente: Cuando a una misma puntuación directa le corresponden diferentes percentiles, se seleccionará el percentil superior; si una puntuación no aparece en la tabla, el percentil se calcula tomando la puntuación directa (PD) que esté más próxima numéricamente. De igual modo, si la puntuación se encuentra en un rango de dos percentiles por ejemplo 6 y 9, se tomará el valor superior del rango que sería 9.

4.3.1.2. Subcategoría fluidez en la creatividad figurada

En el EM3 el E3 emplea un gráfico muy simple (ver figura 8) cuyo valor agregado está en la figura que representa los fotones que se desplazan a través del aire (característica del

modelo fotosintético) aunque no aduce la importancia de los mismos en la ilustración, pero sí lo hace de manera verbal en el experimento imaginado “la flor se formó gracias a las combinaciones de los fotones y la savia elaborada”. Es posible apreciar cómo el estudiante logra explicar en detalle el proceso de formación de la flor como hoja modificada, pero además complementa el gráfico con el proceso de la polinización, el cual no se estaba pidiendo en ese apartado, incorporando la terminología relacionada con dicho proceso. La gráfica anterior, es una evidencia de que el estudiante se apropia del experimento mental para concebir el paso de la flor al fruto.

En la tabla 12, es posible constatar que el E3 presentó mayor fluidez en el EM2 y en el EM3 respectivamente; es posible que el estudiante en el EM1 haya tenido menos fluidez porque apenas estaba incorporándose en el aprendizaje sobre la nutrición vegetal, pero cada vez que E3 experimentaba mentalmente fue alcanzando mayor habilidad para producir ideas figurativas más elaboradas, que le ayudaron a solucionar problemas orientados hacia el proceso de nutrición vegetal, lo cual conllevó a mejorar el grado de fluidez figurativa.

4.3.2. Redefinición de ideas en la experimentación mental

En el EM3 emplea expresiones escritas que le ayudan a cambiar de un enfoque a otro. En principio, se refiere al xilema y al floema, como estructuras encargadas de conducir la savia bruta y elaborada (ver tabla 5, EM3, Línea1 y 4);

Un aspecto característico de este experimento es que el estudiante hace énfasis en la palabra “fotones” como aspecto fundamental en el crecimiento vegetal. En primer lugar, relaciona los fotones con el color que toman las plantas (ver tabla 5 de anexos, EM3, línea 1 y 2); sin embargo, luego comenta que los fotones también le dan el color a la flor. Enseguida replantea esta última idea, afirmando que los fotones no se combinan sino que son absorbidos por las hojas de las plantas (ver tabla 5 de anexos, EM3, línea 3); y continúa tejiendo otro

concepto en donde E3 manifiesta que *“la flor se forma porque la savia elaborada se iba por el xilema y con los fotones se empieza a formar la flor”*.

Lo anterior, da cuenta de que E3 muestra flexibilidad al usar diversas alternativas que lo lleven a elaborar hipótesis que conduzcan a la resolución de la situación inicial. Igualmente, E3 se puede ver que E3 es capaz de considerar de manera autónoma varias reformas conceptuales en torno a la situación planteada.

El E3 en el experimento mental 3 continúa hablando de la hoja, aunque de un modo superficial, y la considera como el punto de partida que da lugar a la formación de la flor (ver tabla 5, EM3, Línea 1). Así mismo, en este EM3 se evidencia el empleo de términos relacionados con los órganos de reproducción de la flor (ver figura 9), donde el estudiante comunica por escrito el proceso de polinización de la flor hasta formarse el fruto.

4.3.3. Subcategoría Manejo de hipótesis

A continuación, se relacionan algunas hipótesis construidas por E3 mientras experimentaba mentalmente:

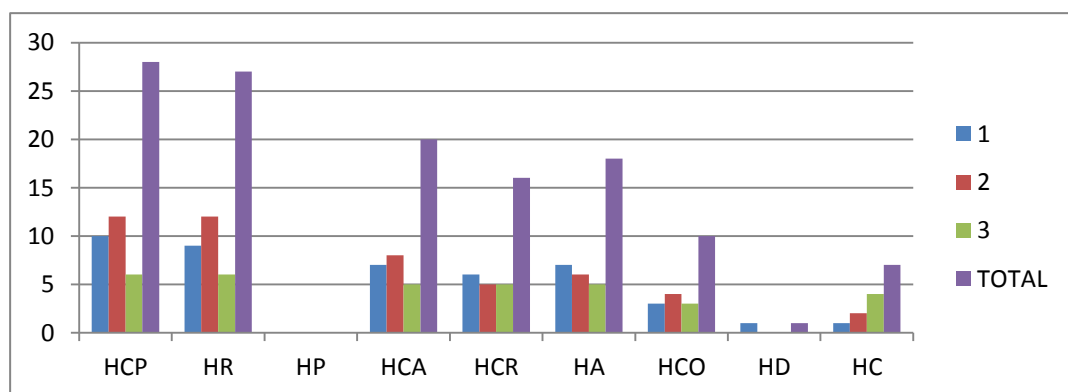
- 1 “La hoja forma la savia elaborada; 2. las hojas absorben los fotones; 3. la flor se formó gracias a las combinaciones de los fotones y la savia elaborada; 4. Con los fotones la flor tome su color y también para forma la sustancia con la que se forma la flor; 5. Los fotones pueden afectan el color de la flor y el crecimiento de la planta; 6. Descartaría que los fotones se combinan porque en realidad son absorbidos; 7. La flor se forma gracias a que los fotones fueron absorbidos y enviados a formar la flor; 8. La flor se forma porque la savia elaborada se iba por el xilema y con los fotones se empieza a formar la flor 9. Que la savia elaborada y los fotones sirven para hacer la flor”.

De acuerdo con lo anterior, E3 estimó numerosas alternativas para explicar la situación 3, que condujeron a la construcción de hipótesis variadas, y así poder buscar soluciones a la situación inicialmente planteada. Para ello planteó en un orden lógico una secuencia de hipótesis, que iba replanteando, para dar lugar a otras diferentes que explicarían mejor la situación inicial.

La experimentación mental como estrategia de aprendizaje permite la generación de hipótesis cada vez más elaboradas, que conllevan al estudiante a resolver el problema.

En la tabla 9 de anexos se aprecian las frecuencias con los tipos de hipótesis generadas por el E3 en cada uno de los experimentos mentales; de este modo, las hipótesis que se presentaron en mayor proporción fueron: En primer lugar, las hipótesis de conocimiento previo (ver tabla 9 de anexos: HCP); en segundo lugar, las de relación, seguidas por las de causalidad (ver tabla 9 de anexos: HR;HCA); en cuarto lugar, las hipótesis alternas y las de relación compuesta (ver tabla 9 de anexos: HA; HRC); posteriormente, usa hipótesis de conexión (ver tabla 9 de anexos: HCO); y por último, elabora una hipótesis científica (ver tabla 9 de anexos: HC); Las hipótesis que se hallan en menor proporción fueron las de desplazamiento, y las perceptivas (ver tabla 9 de anexos: HD, HP), ya que éstas se presenta sobre todo en niños de 4 años (Collantes,2016).

Figura 9. Cambios en las tipologías de las hipótesis en los experimentos mentales del E3



Frecuencia de aparición de cada uno de los tipos de hipótesis en los tres experimentos mentales del E3

4.3.4. Establecimiento de narrativas

E3 hace referencia a tres tópicos en torno a los cuales realiza la simulación mental: hoja, flor y floema y le da dos funcionalidades a la hoja: La absorción de fotones (Ver tabla 10 de anexos, EM3) “propio del modelo fotosintético”, y la formación de savia elaborada. En este EM3 el estudiante relaciona la flor también con la absorción de fotones y con la formación del polen; así pues, a medida que el niño va experimentando mentalmente tiene en cuenta no sólo estructuras y funciones sino también las sustancias producidas al interior de la planta. Igualmente, en el EM3 se presenta más especificidad respecto a las funciones que otorga E3 a las diversas estructuras de la planta.

Por otra parte, E3 continúa viendo la planta como escenario en el cual tienen lugar unas acciones en un orden lógico. Ya no se asume a sí mismo como personaje, sino que asume que planta con sus estructuras son los personajes; E3 habla como si él estuviere observando lo que sucede con las sustancias y las estructuras vegetales, en cada uno de los momentos acontecidos, y de esta manera construye una serie de eventos:

- La hoja forma savia elaborada
- Desplazamiento de la savia elaborada por el floema
- Las hojas absorben fotones
- Combinación de fotones con savia elaborada
- Los fotones no se combinan, sino que se absorben
- Los fotones ayudan a Formar la flor
- La flor absorbe luz y con el agua forma el polen
- Producción del olor por contacto del agua con el polen.

En el EM3 visualiza el uso de aspectos relacionados con el modelo fotosintético (absorción de fotones por parte de la hoja). Finalmente, es posible afirmar que E3 concibe la secuencia de eventos en un orden lógico. E3 usa los conceptos que ya conoce EM3, y los trae

al recuerdo desde la memoria para hacer inferencias, predicciones y visualizar posibles alternativas de solución (Nersessian, 1992).

Comunicación

El E3 en todos sus experimentos mentales se visualiza como observador. En cada una de sus narraciones trata de comprender cómo se nutren las plantas, pero no es consciente de porqué lo entiende, ni tampoco tiene en cuenta como los demás lo pueden comprender (Bruner, 2002) al comunicar su experimento mental.

- 1 Los elementos considerados hasta ahora para analizar las narrativas en esta tesis, concuerdan con el estudio realizado por Cooper y Odell (1977), de Weigle (2000), y de Wolf y Gearhart (1997); los cuales plantean un continuum para todos los elementos narrativos: tópico, personajes, contexto, trama y comunicación.

Interrelación entre criterios en el EM3

En este experimento mental el estudiante construye espontáneamente una secuencia de eventos para imaginar la situación 3; sin embargo, en esta ocasión, el niño no se visualiza como un personaje que ingresa a la planta para observar el comportamiento de la misma. Sin embargo, su rol de observador parece estar implícito cuando empieza a relatar lo que sucede seguido de otros eventos.

Los tópicos empleados por E3 en su situación imaginada son: Hojas, Xilema, floema, fotones, savia elaborada, flor. Estos tópicos dieron pie a la producción de inferencias, predicciones e hipótesis direccionadas a la solución de la situación 3.

En cuanto al contexto, la planta sigue siendo el escenario a partir del cual E3 trata de visualizar la secuencia de eventos que suceden de manera organizada y lógica: La hoja forma savia elaborada, desplazamiento de la savia elaborada por el floema, las hojas absorben

fotones, combinación de fotones con savia elaborada, formación de la flor, la flor absorbe luz y con el agua forma el polen, producción del olor por contacto del agua con el polen.

En el discurso anterior, es notorio el empleo de algunas expresiones inusuales (fotones (función, Floema Xilema Savia elaborada Hoja) (modificada)) que fueron tenidas en cuenta por E3, para realizar inferencias, predicciones y construir hipótesis que ayuden a replantear los conceptos en el E3.

En este experimento mental 3 se destaca la expresión figurada que muestra E3, al representar detalladamente y de un modo secuencial el proceso de formación de la flor, aunque le hicieron falta otras partes de la flor como: Corola, cáliz, sépalos, estigma, pistilo, estambres. Un aspecto para resaltar es que E3 asume la flor como el producto de una hoja modificada; Así mismo, el niño trasciende y representa el proceso de polinización de la flor, revasando los límites de la situación inicial asignada, y espontáneamente representa la formación del fruto. motivo por el cual, considera otra funcionalidad para la hoja (además de las consideradas en los experimentos anteriores): sirve para la formación de la flor, y por ende para la formación del fruto; en este sentido, E3 se acerca más al modelo fotosintético y empieza a considerar la hoja como aquella estructura que da lugar a la flor, y a la vez ésta última forma el fruto (ver figura 9.

por lo anterior, E3 también sigue una secuencia al representar gráficamente la formación de la flor, aspecto que enriquece conceptualmente al estudiante y le ofrece nuevas alternativas para plantear soluciones al problema de la situación 3.

Además de las expresiones figuradas, E3 también enuncia expresiones verbales e hipótesis en torno al papel de los fotones en la formación de la flor:

Cuando las hojas absorben los fotones, los colores que absorben se combinan con la savia elaborada entonces se empieza a formar una pequeña materia llamada flor

La flor se formó gracias a las combinaciones de los fotones y la savia elaborada. Concluyo que la savia elaborada y los fotones sirven para hacer la flor.

Los fotones pueden afectan el color de la flor y el crecimiento de la planta.

La flor se forma porque la savia elaborada se iba por el xilema y con los fotones se empieza a formar la flor.

Descartaría que los fotones se combinan porque en realidad son absorbidos

Si algunos animales se extinguieran lo que pasaría es que habría menos polinización y sin eso no habría frutos y sin frutos no habría comida.

En las expresiones anteriores se puede ver como E3 redefine su pensamiento donde contrasta hipótesis hasta validarlas e incorporarlas en su estructura cognitiva. Cuando E3 plantea sus hipótesis lo hace bien y se comporta de una manera similar a la de un científico “observa, analiza, planifica, forman sus propios conceptos, realizan conexiones, aplican sus habilidades en la atención a los detalles, elaboran sus propias conjeturas que en algún momento verbalizan” (Collantes y Escobar, 2016, p.90).

Uno de los aspectos que se pueden destacar es acerca de las funciones de la hoja, donde no la visualiza sólo como una estructura más de la planta con funciones excretoras (estomas) , sino que cumple con otros roles como: la absorción de los fotones, la producción de la flor a partir de la hoja modificada y la formación del fruto.

Discusiones

Este apartado se discutirán los cambios en los modelos explicativos del E3 sobre nutrición en plantas, obtenidos a partir de los experimentos mentales realizados teniendo en cuenta los criterios ya establecidos en esta tesis: Creatividad (originalidad, elaboración, flexibilidad, fluidez), flexibilidad, construcción de hipótesis, y manejo de narrativas.

En los modelos explicativos iniciales E3 presentó conceptos muy mínimos centrado en dos modelos de nutrición vegetal : El modelo analógico planta-animal y el modelo de la transmutación. Respecto al modelo analógico, E3 considera inicialmente que las plantas toman los nutrientes principalmente de la tierra, es decir a través del suelo; al respecto, un equipo de investigación INRP1976 francés dirigido por VICTOR host (tomado de Cañal,1991)(revista de investigación) , estudiaron las concepciones de los estudiantes en la enseñanza primaria y encontraron que “los alumnos conciben la alimentación de las plantas como proceso que se desarrolla tomando sustancias del suelo..” (Cañal (1991, p.172). Lo anterior refleja en el estudiante un error conceptual que se refiere a la alimentación autótrofa de las plantas, pues es muy común que los estudiantes piensen que las plantas obtienen su alimento exclusivamente del suelo (Köse, 2008; Simpson & Arnold, 1982). Es posible que estos errores conceptuales puedan persistir, ya que “Muchas de las ideas de los niños y niñas, suelen tener reminiscencias de teorías científicas que prevalecían en el pasado...” (Barrutia, 2016).

Sumado a lo anterior, E3 además de la tierra, menciona otras fuentes por las cuales la planta se alimenta, como : la tierra, el sol, el agua y el abono, pero dejando a un lado las sales minerales: Una de las ideas que tienen los estudiantes de la primaria sobre los alimentos que toman las plantas, es que “éstos se reducen a aquellos que pueden estar en el suelo, principalmente agua y sales minerales” equipo de investigación INRP1976 francés dirigido por Victor host (tomado de Cañal,1991). Es de anotar que E3 no refiere la raíz como

estructura importante en la incorporación del alimento de la planta para nutrirse, (Chávez,2001), cita en su trabajo a Aristóteles en el siglo IV antes de Cristo quien consideraba que las plantas toman su alimento de la tierra a través de las raíces y simplifica la nutrición vegetal como un proceso externo en el cual la planta capta sustancias del suelo. Dado se podría afirmar, entonces, que el E3 menciona en sus modelos explicativos iniciales, desde dónde la planta capta el alimento que necesita; por lo cual se podría ubicar en el nivel II de los cuatro niveles de formulación preestablecidos sobre la nutrición vegetal considerados por (Gutierrez,1998) y retomado por cañal (1991), ya que indica cómo las plantas captan los nutrientes o por dónde son absorbidos (por el suelo o por las raíces) claro está que excluye procesos fisiológicos y bioquímicos.

Cuando E3 relaciona el abono con la alimentación de la planta, posiblemente tuvo en cuenta que en el suelo se descomponen sustancias Kassou, (1993), citado por Chávez (2002), donde la tierra equivale al estómago de los animales, y las plantas se alimentan de una manera similar a la de los animales. Al respecto este autor considera que en el suelo se transforman las sustancias y luego de ser digeridas son incorporadas a la planta a través de las raíces Chávez (2002); así mismo, El E3 sólo hace alusión a las estructuras vegetales por donde circulan los nutrientes (las raíces, el tallo) sin explicar cómo se da el paso y el ascenso de éstos por cada una de las estructuras; en este sentido, E3 se puede estar refiriendo a los vasos conductores de la planta Malpighi (como se citó en Chávez,2002). Hasta aquí se evidencia el uso de E3 del modelo Analógico planta animal en sus modelos explicativos iniciales; como ya dijo, E3 también usa el modelo de la transmutación, para indicar que la planta toma nutrientes a través del agua, la cual es un compuesto esencial para formar diversas estructuras de la planta (tomado de Velásquez, 2011). Así mismo , E3 se refiere de modo superficial a los procesos de conversión de sustancias y menciona que unas sustancias

se convierten en otras, lo cual se conecta una característica del modelo de la transmutación en términos de procesos de transformación de materiales pensamiento de Chávez, 2002).

Por otra parte, el estudiante muestra errores conceptuales en cuanto a la concepción de sistemas de adaptación de la planta, pues en principio restringía el crecimiento de las mismas a ciertos medios; pero luego empezó a contemplar sistemas de adaptación donde algunas plantas almacenan agua para poder crecer. Es probable que el estudiante haya tenido este tipo de confusiones, debido a la falta de experiencias y contacto con el medio, por lo cual expresa verbal y figurativamente elementos cotidianos; lo anterior se fundamenta en que “*A edades tempranas, los niños suelen desarrollar la comprensión de los conceptos biológicos mediante experiencias directas y concretas con los seres vivos, su ciclo de vida y sus hábitats* (NRC, 1996, 2012; Tunnicliffe, 2001)”, (como se citó en Barrutia *et al*; 2016).

Por otra parte, E3 resalta la importancia del agua, pero no especifica la función de la misma en la nutrición vegetal, y sólo menciona que es importante careciendo de argumentos para justificar la respuesta. P2: *¿De dónde crees que las plantas toman los nutrientes?*

Justifique su respuesta. Respuesta: De la tierra del sol del agua y del abono que le echan

En La respuesta 2 dada por el E3, asume que el agua, la tierra y el abono son importantes para la nutrición vegetal. Al respecto Barrutia (2016), afirma : “Muchas de las ideas de los niños y niñas, como las observadas en este estudio, suelen tener reminiscencias de teorías científicas que prevalecían en el pasado, como por ejemplo que el agua es el sustento principal de las plantas (van Helmont), o el suelo proporciona todo lo que la planta necesita para vivir y desarrollarse (Aristóteles); sin embargo, también E3 menciona otro aspecto que participa en la nutrición de la planta: El sol, sin referirse a los procesos fisiológicos que se presentan (ver pregunta 2)

Posteriormente E3 menciona aspectos relacionados con la combinación de las sustancias, característica del modelo de la transmutación (Ver referente), pero no explica en detalle cómo

se da dicho procesos de transformación , ni cómo pasan dichos nutrientes del suelo hasta las células de las raíces; lo cual concuerda en parte con un estudio realizado por Ospina (2011), sobre los modelos explicativos de los estudiantes aunque en educación secundaria rural: los estudiantes ... no mencionan como los minerales de nitratos, fosfatos y potasio, esenciales para el crecimiento de la planta, están disueltos en el agua, y cómo son absorbidos por las células de las raíces, tampoco indican que la raíz absorbe los minerales selectivamente y que el agua entra por osmosis.

Si bien el caso anterior corresponde en su totalidad a la educación secundaria, también se puede trasladar en parte a nivel de la básica primaria, aunque no de modo molecular, más bien en un nivel macro, como aparece en los estándares de competencias del Ministerio de Educación Nacional.

Así mismo en los modelos explicativos iniciales E3 concibe la importancia del aire (modelo flogisto) en la nutrición en plantas, afirmando que el aire sirve para el crecimiento de la planta y para su vida:

MEI P4: Si tienes una planta de fríjol encerrada dentro de una bolsa, crees que ésta crecerá del mismo modo que lo hace una planta al aire libre. Justifica tu respuesta

MEI R4: “No no crecería porque necesita aire y agua pero si está fuera de la bolsa viviría normalmente”.

MEI P9: La abuela de Pedro duerme plácidamente en su cuarto, y en él tiene cuatro plantas que le han regalado varios de sus hijo. ¿Crees que esto puede afectar la salud de la abuelita? Justifica tu respuesta.

MEI R9: “No pero también depende del tipo de planta y en que medio está”.

Por lo anterior se puede ver que el niño tuvo en cuenta la funcionalidad del aire, aunque no de un modo superficial. Así mismo, no explica en detalle procesos de orden fisiológico, lo cual podría deberse a su grado de escolaridad.

En la respuesta 9, dada por E3 donde habla de que la salud del ser humano no se afecta, al dormir con plantas; sin embargo, luego se contradice y menciona dos posibles factores que intervienen en la salud de la abuela (tipo de planta y medio en el que se halla), pero no explica la manera como ellos inciden. Lo anterior, en concordancia con Barker (1985^a) (Tomado de cañal, 1991 pg. 104) hay niños que desde una edad muy temprana mantienen que las plantas respiran al revés que los humanos considerando la respiración exclusivamente como intercambio gaseoso, independiente de los demás procesos de las plantas.

Lo anterior deja entrever que el niño posee un error conceptual que en términos de (Cañal, 1997; González-Rodríguez et al., 2009) se halla con frecuencia en la sociedad: “Es innegable que existe una persistencia en los errores conceptuales, que básicamente no se han modificado en las dos últimas décadas, la mayoría de ellos relacionados con la fotosíntesis y la respiración)” (como se citó Barrutia et al, 2016).

Cabe anotar que aunque E3 en sus modelos iniciales habló del sol, no hace referencia a los gases que participan en el proceso fotosintético, por lo cual se puede decir que no hubo una aproximación a este modelo óxido-reducción. Es así como E3 no se refiere concretamente a la luz pero considera que el sol proporciona nutrientes a las plantas, tal como se evidencia a continuación:

P2 FA: ¿De dónde crees que las plantas toman los nutrientes? Cuya respuesta fue:
“...del sol...”.

Por otra parte, E3 tampoco emplea el término clorofila, lo cual concuerda con el estudio hecho por Melillán y col., 2006, que han encontrado que gran parte de los estudiantes, por lo general, no mencionan la clorofila o desconocen su función (Tomado por Ospina, 2011).

Dado lo anterior, se puede decir que el E3 en sus modelos explicativos iniciales no posee conceptos científicos en torno al proceso fotosintético (sólo se refiere superficialmente al sol). Existen estudios como el del equipo INRP (1976) sobre la incapacidad de los niños de

primaria para iniciar el aprendizaje en torno a la fotosíntesis (sólo a partir de los 12 años empezaría a ser viable una aproximación coherente hacia la misma), y allí Cañal (1991) propone una idea de nutrición de plantas verdes como incorporación de una solución diluida por las raíces; es así como en este estudio se tiene en cuenta este aspecto en uno de los experimentos mentales realizados (Ver EM1) para facilitar la comprensión de E3 sobre la nutrición en plantas. Sin duda, es conveniente que los docentes exploremos otras formas de aprendizaje para que el estudiante se aproxime al modelo fotosintético actual desde edades más tempranas, como lo sostiene (Chávez, 2002).

Respecto al modelo fotosintético, E3 no hace referencia a la ausencia de luz, ni a la presencia de cloroplastos. E3 no contempla la hoja como estructura especializada en la cual se ubican los cloroplastos, fundamental en la fotosíntesis y en general en la nutrición vegetal; sólo menciona el tallo como parte esencial en la distribución de nutrientes, marginando otras estructuras esenciales en la nutrición vegetal (ver Respuesta a la pregunta 10 del Pretest).

MEI P.10: Explica detalladamente cómo las plantas producen su alimento

MEI R10: “Las plantas toman los nutrientes de la tierra entonces dichos nutrientes se combinan con unas sustancias y se convierte en el alimento, entonces luego el alimento va por el tallo y se distribuye por ella”.

Así mismo no considera la presencia de la clorofila, ni de los cloroplastos, ni la función de los mismos, en la fotosíntesis. Al respecto, Wandersee, 1998 (tomado por Cañal, 1991) en entrevistas realizadas a niños de 10 años, pudo determinar de modo general que éstos desconocían el papel de la clorofila en la fotosíntesis.

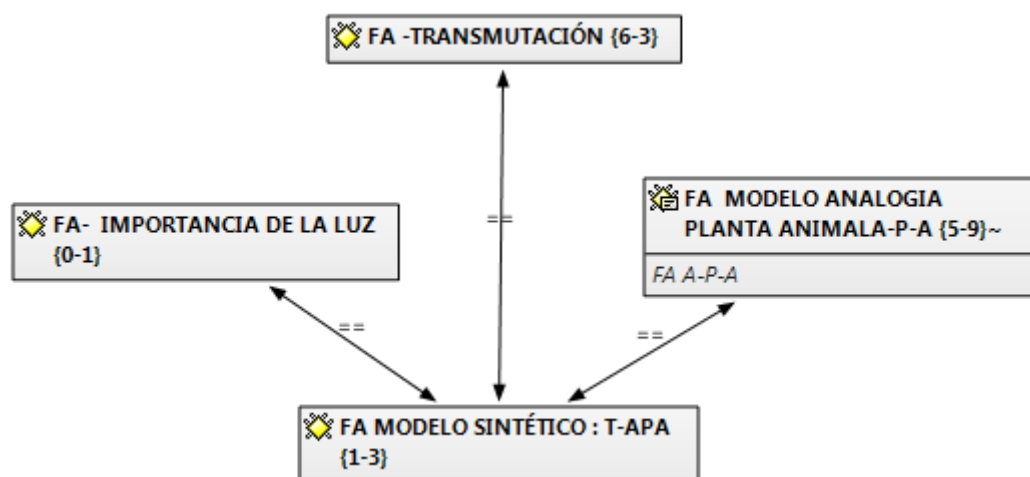
Dados los errores conceptuales de E3, y el desconocimiento del mismo en relación con la nutrición vegetal, en este estudio no se descarta la posibilidad de que los niños de 9 años se aproximen al modelo fotosintético, a través de diversas estrategias que los maestros podemos llevar al aula. Al respecto Chávez 2002, afirma: “La iniciación temprana a la explicación de

fenómenos vinculados a la nutrición vegetal es posible a través del diseño de estrategias didácticas”; es así como en esta tesis se contempla la experimentación mental como una estrategia didáctica para potenciar el aprendizaje sobre nutrición en plantas.

En la línea de pensamiento de Barker (como se citó en Cañal, 1991): “No es probable que los alumnos de primaria que no hayan recibido enseñanza sobre la fotosíntesis posean concepciones al respecto, formando parte de su ciencia de niños”. En síntesis, los estudiantes de la básica primaria pueden aproximarse al modelo fotosintético actual (ver marco teórico), sólo en la medida en que los docentes se atrevan a incorporar en sus clases dicho modelo, y exploren diversas formas de aprendizaje de los niños respecto a la nutrición vegetal.

Luego de haber analizado los modelos explicativos iniciales del E3, se puede evidenciar que el niño usó en mayor medida modelos explicativos sintéticos (Analogía planta animal, y transmutación), y no hubo aproximación conceptual a los modelos óxido-reducción y al modelo actual de fotosíntesis como se evidencia en la siguiente figura:

Figura 10. Red semántica con los modelos explicativos iniciales de E3 en las que aparece su frecuencia de uso.



¿Cómo han contribuido los experimentos mentales al cambio en los modelos explicativos del E3, y al aprendizaje sobre nutrición en plantas?

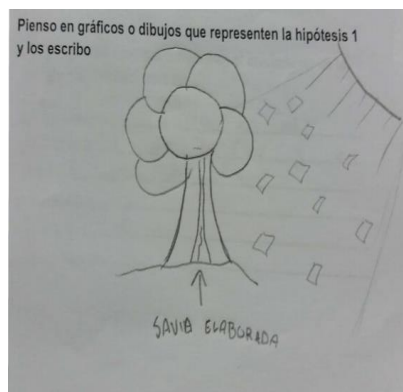
A partir de los experimentos mentales (EM1, EM2 y EM3), fue posible evidenciar que E3 en principio usó la narrativa con el fin de expresar y verbalizar de manera espontánea la situación que imaginó y sin darle indicaciones para hacerlo; al respecto Nersessian (1992) comenta: “el niño empieza a hacer inferencias, a anticipar a imaginar y a visualizar desde la memoria” (p.292). Así mismo, Benítez (2008) encontró que “los niños de 8 y 9 años poseen una capacidad innata para expresarse y ello se consigue a través de las narraciones” (p.31).

Cabe anotar, que E3 en principio tuvo dificultades para definir cómo iba a imaginar, lo que ocasionó una crisis motivacional que desencadenó un grado de frustración en el estudiante; sin embargo, luego de ese trance el niño decidió de manera autónoma no declinar y asumir su experimento mental como un reto personal y académico.

En este proceso de la narración, el niño empleó diversos modelos explicativos para tratar de plasmar sus ideas; es así como en el EM1 usa el modelo analógico planta animal, y aborda la alimentación en plantas como el proceso de incorporación de sustancias a partir del suelo; perspectiva, que está en relación con la teoría de un equipo de investigación INRP1976 francés dirigido por VICTOR Host, los cuales estudiaron las concepciones de los estudiantes en la enseñanza primaria y encontraron que “los alumnos conciben la alimentación de las plantas como proceso que se desarrolla tomando sustancias del suelo..” (Cañal, 1991 p.102); así mismo usa términos científicos para nombrar estructuras celulares de la planta (raíces y tallo); entre tanto en la narración hecha en el EM2, el niño continúa usando el modelo analógico pero a diferencia del EM1, en éste le da mucha importancia a las raíces en la nutrición vegetal; es decir, las plantas toman su alimento de la tierra a través de las raíces (Chávez, 2002), además contempla procesos de competencia entre dichas estructuras por el alimento, por lo cual se podría decir que el niño empezó a visualizar las estructuras de la

planta en relación con el medio, al respecto Cañal (1990) establece unos niveles de construcción en niños de primaria respecto a la nutrición en plantas, y afirma que en el nivel 2, “los niños tienen un esquema general de la planta con el entorno, según el cual todos los intercambios de la planta se producirían a través de la raíz, tanto los alimentarios como los respiratorios” (Cañal, 1991 p.105). Así mismo en el EM2 el niño aborda otros conceptos científicos, pero relativos ya no a estructuras, sino a sustancias como la savia bruta y la savia elaborada. De otro lado en las narraciones hechas por el niño en el EM3, resalta la hoja no sólo como una estructura importante en la nutrición sino que concibe para ésta otras funcionalidades como: La elaboración de sustancias, absorción de fotones, y la formación de la flor (modelo fotosintético, Chávez, 2002) : “Cuando la hoja forma la savia elaborada esa sustancia se va por un tubito que se llama floema Entonces cuando las hojas absorben los fotones los colores que absorben se combinan con la savia elaborada entonces se empieza a formar una pequeña materia llamada flor entonces va creciendo como si fuera una planta”. Lo anterior está en contravía con el pensamiento de Wandeerse (1988) (como se citó Cañal, 1991 pp. 103), cuando aduce en uno de sus estudios a niños de 10 años, que éstos no creían que el principal trabajo de la hoja era fabricar comida; y aunque E3 no se refiere exclusivamente al término comida, si establece que en la hoja se forman sustancias que dan lugar a otras estructuras entre ellas la flor. Las plantas verdes toman sustancias del exterior por las raíces y por las hojas, sustancias que sufren un proceso de transformación mediante la fotosíntesis. A continuación, se presenta la representación de una hipótesis construida por E3: “la flor se formó gracias a las combinaciones de los fotones y la savia elaborada”.

Figura 11. Expresión figurada de E3 en la cual representa la hipótesis acerca de la unión de fotones con la savia elaborada para el proceso de formación de la flor



Dado lo anterior se nota como el niño, en este EM3 incorpora verbalmente otros conceptos científicos como “Fotones”, que se orientan más al modelo fotosintético, y lo relaciona en uno de sus gráficos como se muestra en la figura anterior.

Hasta aquí se ha visto cómo cambiaron los modelos explicativos mientras E3 expresaba sus ideas a través de las narraciones, es decir acerca de lo que imaginó en cada experimento mental, Ahora se describirá en detalle cómo construyó E3 la narración.

En las narraciones hechas por el estudiante al imaginar las situaciones dadas, fue notorio el uso de algunos elementos para su estructuración que concuerdan con la propuesta de Cooper, 1990 : 1. Contexto físico, 2. uso de tópicos, 3. Referencia de personajes, 4. describe eventos y 5. comunicación.

Un común denominador en los experimentos mentales realizados es que la planta fue tomada como escenario en el cual se desarrollaban todos los hechos, por ello, es posible afirmar que las acciones ocurren en escenarios determinados (Benítez, 2008) tal como aparece en los experimentos mentales narrados por E3:

EM1: “Yo me imagino sembrando una planta y luego tomó agua del mar y luego me vuelvo chiquito para entrar en la planta Entonces el agua va por la arena y las raíces

absorben el agua y los nutrientes por las vellosidades que tienen entonces esos nutrientes se fusionan con el agua entonces las raíces mandan ese alimento por el tallo para que cada pedacito de alimento se vaya por diferentes caminos, entonces el agua de mar es muy salada y al mandar alimento a la hoja se produce una sustancia Blanca provocada por la sal”.

EM2: “Cuando me meto en el árbol bajo hasta la raíz y me doy cuenta que sus raíces son muy grandes y a medida que crecen se vuelven más grandes y cuando se choca con otra raíz más grande la puede dañar y cuando la daña una raíz absorbe menos nutrientes y sin esos nutrientes no puede hacer la savia bruta, y sin la savia bruta no hay alimento y sin alimento no hay savia elaborada y sin savia elaborada no hay vida”.

EM3: “Cuando la hoja forma la savia elaborada esa sustancia se va por un tubito que se llama floema Entonces cuando las hojas absorben los fotones los colores que absorben se combinan con la savia elaborada entonces se empieza a formar una pequeña materia llamada flor entonces va creciendo como si fuera una planta”.

A partir de lo descrito, se puede ver como la planta para E3 presenta una dualidad al percibirla como escenario y a la vez como personaje.

Los protagonistas principales en cada experimento imaginado fueron la planta y el niño; éste último se visualizó como un observador activo:, que ingresaba a la planta para luego imaginar los sucesos, lo cual está acorde con el pensamiento de (Franklin & Tversky 1990; Johnson-Laird 1983; Mani & Johnson-Laird 1982; McNamara & Sternberg 1983; Morrow et al. 1989; Perrig & Kintsch 1985) (como se citó en Nerssesian, 1992), los cuales afirman que:

Los lectores construyen espontáneamente modelos mentales para representar y razonar sobre las situaciones descritas en el texto. Aunque no se dan instrucciones para imaginar las situaciones, cuando se les preguntó cómo habían hecho inferencias en respuesta al

cuestionamiento del experimentador, la mayoría de los sujetos informaron que era por "ver" o "estar en la situación" representada. Es decir, el lector se ve a sí mismo como un "observadora". Dado lo anterior, ese es precisamente el rol que tomo E3, el de observador para poder entrar en la planta y visualizar lo que sucedía. (p.295)

Así mismo los experimentos imaginados por E3, están acordes con el tópico en cuestión (nutrición en plantas); pero difieren en algunos aspectos, por ejemplo, en el EM1 se refiere a diversas estructuras vegetales, precisando su funcionalidad (modelo analógico planta-animal) (ver tabla 12, EM1) (ver tabla 12). Entre tanto, en el EM2 habla sobre las raíces y su competencia por el alimento; y tiene en cuenta la relación con el entorno, en este caso el entorno serían “las mismas raíces”, dada la visión interna que E3 realizó de dichas estructuras. En el EM3, se refirió al proceso de formación de la flor como producto de una hoja modificada. Los tres tópicos descritos pertenecen a la nutrición en plantas como tal y fueron abordados por E3 al narrar sus experimentos mentales.

Respecto a la comunicación de los experimentos mentales, se puede ver que E3 en los tres experimentos mentales escribe en primera persona (“Cuando me meto en el árbol bajo hasta la raíz; “Yo me imagino sembrando una planta y luego tomó agua del mar y luego me vuelvo chiquito para entrar en la planta) lo cual es un indicio de su grado de egocentrismo; sin embargo, sigue narrando como si alguien fuera a leer su texto, por lo cual él sabe que la maestra y sus compañeros pueden leer el mismo; por lo anterior, se podría pensar en que el niño considera que tiene una audiencia, caso contrario a lo expuesto por Benítez, 2008 cuando afirma que: “los niños de tan corta edad (8-9 años) no tienen conciencia de la audiencia a la que dirigen sus composiciones escritas principalmente porque están en una etapa egocéntrica de su desarrollo. Por tanto, en este estudio al parecer E3 tiene consciencia de que hay una audiencia que puede leer su expresión escrita.

En cuanto a la descripción de eventos, éstos surgieron de las situaciones imaginadas por E3 y fueron lógicamente concebidos e interconectados por E3, de acuerdo a como suceden las cosas en el mundo como lo afirma Nersessian (1992): "...la cadena de eventos se desarrollaría de acuerdo con la forma en que normalmente ocurren las cosas en el mundo" (p.292), y aunque es evidente la carencia de relaciones de causalidad, E3 trata de hacer inferencias que lleven a varias alternativas de solución..

Partiendo de lo anterior, E3 tiene en cuenta un orden de aparición de cada evento, especificando cuáles suceden primero y cuales después, de acuerdo a cómo suceden las cosas en el mundo, por tanto se puede tomar en términos de Nersessian, 1992 como "la construcción de un modelo dinámico en la mente por parte del científico que imagina una secuencia de eventos y procesos e infiere resultados para luego comunicarlo a otros" (p.292); de igual manera, el E3 al narrar estos eventos seguido de otros (sus consecuencias) está potenciando las narrativas (Norris *et al.*, 2005).

La interconexión de eventos fue notoria tanto al interior del experimento imaginado, como entre las diversas narrativas construidas en cada uno de ellos, de modo que algunos elementos concebidos en la primera narración, eran el punto de partida para construir la siguiente. Por ejemplo, en el EM1, E3 se había convertido en un ser pequeño con la toma del agua de mar y así logró entrar en la planta; posteriormente, en el EM2 ya asume que se mete en el árbol, y empieza a analizar la raíz; y en el EM3 ya está implícito lo del ingreso al interior de la planta, y además se ubica directamente en la hoja, sin mencionar nuevamente que entró en la raíz.

De otro lado, las secuencias de eventos imaginados por E3 dieron lugar a las inferencias e hipótesis que se redefinieron constantemente y de un modo flexible en aras de buscar repensar las ideas y así encontrar posibles soluciones a la situación inicial, y finalmente poderlos comunicar a otros como se describirá a continuación.

Así pues, E3 hizo inferencias sobre lo que imaginó usando expresiones verbales y también figurativas *Torrance, 1974* (Tomado por (Jiménez *et al.*, 2007), que favorecen la creatividad en cada experimento mental, y le ayudaron a predecir aspectos del comportamiento (Stephen y Clement, 2009) de las plantas en relación con los procesos de nutrición; dichas inferencias le dan originalidad al experimento mental (componente de la creatividad según Torrance (1984), la cual en términos de Fryer se refiere a que: “(… Lo importante no es si el resultado es nuevo o no (en el sentido de que no ha sido descrito anteriormente), sino si es experimentado como una nueva experiencia para un estudiante en particular)” (p.10).

Los términos inusuales usados por E3 en el EM1 giran en torno a dos aspectos: primero, la incorporación de sustancias desde el exterior: , lo cual está acorde con Cañal (1990), el cual afirma que algunos niños conciben la alimentación como un proceso externo y simple de captación de sustancias precedentes del suelo, a través de las vellosidades de la planta tales como: “Grasa saturada y sal ” (p.102); En segundo lugar usa expresiones poco habituales orientadas hacia las formas de energía como la palabra “calor”, rayos solares (modelo flogisto), y luego emplea otra terminología científica los rayos ultravioleta, y sombra (modelo fotosintético), estos últimos aspectos dan cuenta de que E3 le da importancia de la luz (rayos solares) en la nutrición vegetal, pero también estima que la ausencia de la misma (*sombra*) es necesaria en la fotosíntesis al hacer referencia de algún modo a las dos fases de la fotosíntesis, lo cual indica que E3 se está aproximando al modelo fotosintético desde el EM1. En este sentido, Giordan, (1990) (como se citó en por Cañal, 1991) expresa que “un bajo porcentaje (20%), de estudiantes entre los 10 y 12 años creen que la luz es necesaria para las plantas ” (p.104), contrario a esto, para E3 es importante tanto la presencia como la ausencia de luz en su EM1. De acuerdo con lo anterior, a medida que E3 experimenta mentalmente incorpora términos científicos en sus inferencias que se aproximan un poco al modelo actual

de fotosíntesis. Lo anterior concuerda con las expresiones gráficas elaboradas por E3 en el EM1.

Der otro lado, según los datos recolectados en el EM2 el estudiante también usó expresiones inusuales referidas al modelo analógico, pero también se relaciona en su mayor parte con el modelo fotosintético: Raíz (competencia por alimento, Árboles (tamaño) Energía lumínica Grana Luz (tipos) Aire.

En dichas expresiones inusuales E3 se refiere nuevamente a la incorporación de sustancias por la raíz, como un procesos simple y de captación de sustancias procedentes del suelo (Cañal,1990) (Tomado por Cañal,1991 pp. 104), -pero asume que dicha incorporación está en función de las relaciones de competencia entre las raíces por el alimento, aspecto desde Cañal,1990 (Tomado por Cañal,1991) corresponde a un esquema general sobre relaciones de la planta con el entorno, donde los intercambios alimentarios se producen a través de la raíz. Un aspecto importante es que el niño ya no habla sólo de luz, sino que es más se refiere en varias ocasiones (expresiones verbales y figuradas) a que existen diversos tipos luz: “..Las plantas crecen diferentes por que la planta sólo absorbe ciertos tipos de luz”; “Que la planta crece con el tipo de luz”, lo cual deja entrever que el niño asume la luz como un factor determinante en el crecimiento de la planta, y no sólo como algo que fortifica (una vitamina o reconstituyente) como lo afirma Giordan (1990). E3 menciona la clorofila, y habla de las granas (mencionando su función) cuando se le pregunta por la importancia de los cloroplastos: “Grana sirve para que la luz del sol se absorba y que refleje el color verde, la Grana es la que hace este proceso”. Por lo anterior, un valor agregado es que E3 asume que las granas son responsables de dar color a la planta, y además considera que la clorofila y los cloroplastos como elementos necesarios para la fotosíntesis; sin embargo, no menciona la relación entre cloroplasto-clorofila, ni la función de la clorofila, en este sentido, Wandersee (como se citó en Cañal, 1991) menciona que los alumnos por lo general desconocen el papel

de la clorofila ; igualmente, Giordan (como se citó en Cañal,1991) comenta que “la mayoría de estudiantes de primaria conocen la palabra clorofila, pero no la asocian con la nutrición, sino con cosas como la limpieza de la atmósfera y combatir la contaminación” (p.104).

Contrario a lo anterior, E3 en cierto grado asocia la clorofila con la nutrición en plantas al hablar de la fotosíntesis, como se aprecia a continuación en una de las respuestas dadas por el estudiante donde se le pregunta sobre los elementos que son necesarios para realizar el proceso de la fotosíntesis, mencionando que uno de ellos es la luz , el CO₂, luz, agua, clorofila, savia bruta, cloroplastos.

Ya en el EM3 es mucho más específico para hablar de la energía, y comenta sobre los fotones en relación con la formación de la flor: *“Entonces cuando las hojas absorben los fotones y los colores que absorben se combinan con la savia elaborada entonces se empieza a formar una pequeña materia llamada flor”*. También se refiere a los vasos conductores de la planta (modelo analógico planta animal) en términos científicos “Xilema y floema”. Finalmente es de reconocer que en este EM3 el niño le da relevancia a la hoja como punto de partida para la formación de la flor; por lo cual se podría afirmar, que el estudiante piensa en la hoja como estructura de la planta por donde ingresan algunas sustancias o elementos al interior de la planta. Hasta el momento se puede decir que los experimentos mentales permitieron a E3 el uso de expresiones inusuales que le confieren originalidad al estudiante en cada experimento mental y por ende favorecen la creatividad, ya que este es uno de sus componentes (Fryer, 1996). A continuación, se relaciona la red semántica donde se perciben las frecuencias de uso de respuestas inusuales en cada experimento mental:

Figura 12. EM3 Red semántica de Respuestas inusuales dadas por E3

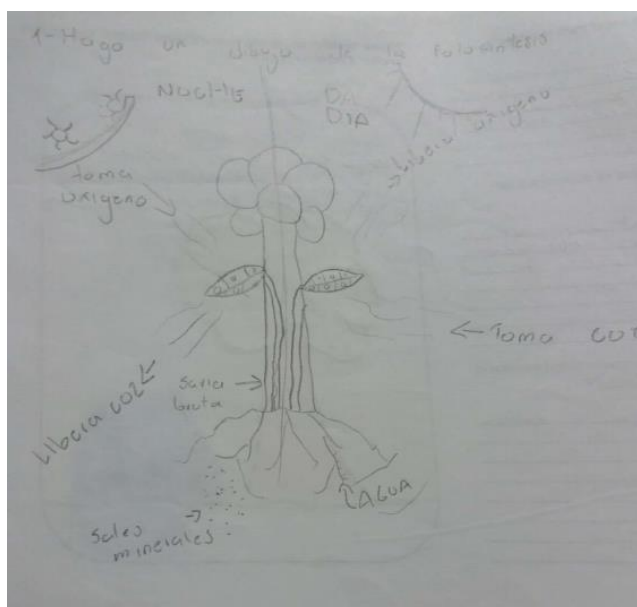


Red semántica de E3 con las respuestas inusuales tenidas en cuenta para valorar el componente originalidad en cada uno de los experimentos mentales

Por otro lado, a medida que E3 experimentaba mentalmente, usó expresiones figuradas que muestran el grado de flexibilidad de elaboración y de fluidez como componentes de la creatividad Torrance (como se citó en Jiménez *et al*, 2007) del estudiante al hablar de nutrición vegetal en sus experimentos mentales.

Respecto a la elaboración, E3 tuvo en cuenta diversos detalles que mejoraron las ideas; por ejemplo, el uso de detalles en el EM1 se presentó en menor frecuencia con respecto a los demás experimentos, y de hecho éstos se conectaron con el modelo analógico planta animal, toda vez que representó la incorporación de nutrientes a partir de la raíz (Aristóteles es tomado por Chávez, 2002) y del suelo; además, relaciona las estructuras vegetales por donde éstos circulan. Entre tanto los niveles de detalle aumentaron cuando el niño dibujó aspectos referidos a la fotosíntesis como ocurrió en el EM2.

Figura 13. Elaboración del estudiante 3 en el experimento mental 2.



Expresiones figuradas de E3 donde muestra el nivel de detalle en el experimento mental 2

E3 representa los gases que participan en la fotosíntesis y simboliza adecuadamente y sin dificultades el intercambio de los mismos tanto en el día como en la noche, lo que refleja que E3 habla de fotosíntesis en términos de respiración, aspecto que se relaciona con lo encontrado por Cañal (1990) en un estudio realizado en el cual afirma que los niños de primaria entre 10 y 12 años, en un 30% “relacionan la fotosíntesis con las formas de respiración donde en el día las plantas toman CO_2 y expulsan O_2 , y lo contrario en la noche” (p.105); además este autor confirma que algunos estudiantes presentan dificultades al reconocer el sentido del intercambio; sin embargo, E3 no mostró dicha dificultad en torno a este tema. Es notorio que E3 también relaciona la fotosíntesis con los fenómenos día- noche, los cuales se refieren a las fases lumínica y oscura de la fotosíntesis (modelo fotosintético). Por lo anterior, se puede decir que el niño establece otra forma que usa la planta para incorporar sustancias del exterior, diferente de la raíz: Se admite la incorporación de sustancias por las raíces y también por las hojas, sustancias que sufren una transformación interna mediante la fotosíntesis, proceso dirigido hacia la fabricación de alimentos. Dicha

transformación de sustancias se evidenció también en el EM3 donde el niño usó también muchos detalles que muestran cómo en la hoja también transforman las sustancias, para dar lugar a la flor; es decir, E3 concibe la flor como producto de una hoja modificada.

Figura 14. Proceso de formación de la flor.



Elaboración del estudiante 3 al representar la formación de la flor a partir de una hoja modificada.

Es de anotar que E3 representa dicha transformación y especifica el proceso de polinización que sufre la flor como base para obtener el fruto. Por lo anterior, según Cañal (1990), E3 se ubicaría en un nivel 3 de construcción del conocimiento de nutrición en plantas de los cuatro niveles contemplados por este autor, ya que E3 relaciona los procesos de transformación de sustancias en la hoja orientados hacia la producción del alimento; lo anterior, está en contravía un estudio realizado por Wandersee (como se citó en Cañal, , al afirmar que “la mitad de los estudiantes de primaria no creían que la hoja se relacionaba con la producción de comida”(p.103). Finalmente, en este EM3 el estudiante mostró más en detalle la función de la hoja en la nutrición vegetal, motivo por el cual se acercó mucho más al modelo fotosintético. Por tanto, a medida que E3 experimentaba mentalmente fue aumentando el grado de elaboración, favoreciendo de este modo la creatividad.

Cabe anotar que el estudiante antes que dibujar, primero verbalizó el experimento que imaginó a partir de las situaciones dadas y de allí surgió el dibujo, caso contrario a lo dicho

por Benítez, (2008) quien afirma que a la hora del niño hacer narraciones una de las primeras expresiones es el dibujo que luego verbaliza y finalmente expresa por escrito.

En las expresiones figuradas del E3 también se pueden evidenciar algunas categorías como base para determinar la flexibilidad y la fluidez en los dibujos. De manera que en el EM1 El E3 usa subcategorías como (arena, tierra, suelo, raíz) que se relacionan con el modelo analogía planta-animal (Chávez,2002) pues representa las estructuras vegetales así como la toma y distribución de nutrientes de la planta a partir del suelo, además se refiere a los conductos que llevan sustancias al interior de la planta.

Posteriormente, usa la categoría agua en diversos dibujos relacionándole de algún modo con la nutrición vegetal (modelo transmutación) (Chávez, 2002). También se refiere a la conversión de sustancias para producir oxígeno aunque no reconoce la procedencia del mismo, en este sentido Giordan (como se citó en Cañal, 1991) sostiene en uno de sus estudios que: *” el 80% de los estudiantes entre los 10 y 12 años, ha oído hablar del desprendimiento de oxígeno por las plantas ”*; E3 además de hablar de gases, también usa la categoría luz refiriéndose al término “sol” característica del modelo óxido reducción (Chávez,2002), de igual modo en la categoría otros se refiere al dióxido de carbono característica del modelo óxido reducción (Ver referente conceptual). En este punto se nota como E3 concibe elementos del modelo analógico, y paulatinamente considera otros hasta llegar al modelo óxido-reducción.

En el EM2 el niño se refiere a diversas categorías del modelo analogía planta animal aquí el estudiante, pero a diferencia del experimento mental uno el estudiante asume los estomas, como parte de la hoja (Bryan Connant & Nash, 1968) y los representa en un gráfico (Ver figura 6). Así mismo pasa de usar la categoría conductos (sitio por donde circulan sustancias), a utilizar la categoría “savia bruta” (como sustancia que circula dentro del conducto) (Bryan Connant & Nash, 1968); por otro lado, continúa resaltando la importancia del agua para la

nutrición vegetal (modelo de la transmutación). Seguidamente, empieza a concebir otra categoría relacionadas con los gases que participan en la fotosíntesis dióxido de carbono y oxígeno propios del modelo óxido reducción.

Por otra parte, el estudiante ya no habla sólo del sol, sino que empieza a concebir la importancia del día y la noche en la fotosíntesis (ver figura 6). Por lo cual, es posible que se haya referido a los fenómenos día noche, es decir fase lumínica y fase oscura del proceso fotosintético. Lo anterior indica que el niño se sigue aproximando al modelo fotosintético finalmente el estudiante en este experimento mental usa categorías pertenecientes al modelo analogía animal.

En el EM3 el estudiante usa categorías pertenecientes al modelo Analogía planta- animal pero en menor proporción respecto a los otros dos experimentos mentales; allí se centra en explicar paso a paso el proceso de reproducción de la flor de manera figurativa, lo anterior, puede deberse a que en el EM2 se plantea una situación mucho más cercana a la cotidianidad del niño en relación con la fotosíntesis y el proceso de la formación de la flor, donde pudo haber recordado experiencias vividas en torno al proceso de nutrición ; “A edades tempranas, los niños suelen desarrollar la comprensión de los conceptos biológicos mediante experiencias directas y concretas con los seres vivos, su ciclo de vida y sus hábitats” (Barrutia *et al*; 2016).

Asimismo, E3 usa diversas categorías relacionadas con las estructuras que hacen parte de la morfología de la flor (ver tabla 11, EM3). Y luego se vuelve más específico cuando habla de habla de fotosíntesis al emplear la categoría “fotones” y los representa a través de un dibujo (ver figura 8). A partir de los hallazgos producidos se puede afirmar que E3 utilizó

paulatinamente diversas categorías que hicieron posible la aproximación al modelo fotosintético.

Respecto a la fluidez entendida desde Torrance (como se citó en Jiménez *et al*, 2007), E3 presentó ideas diferentes en los dibujos que se relacionaron con las categorías discutidas en el componente flexibilidad en cada experimento mental; así pues, en el EM1, (ver tabla 12, EM1,Línea 1), la ilustración tiene elementos relacionados con el modelo analógico planta-animal (tierra, arena, agua, savia bruta, partes de la planta como la hoja, y el tallo) y además contempla un solo aspecto que tiene que ver con la necesidad de la luz en la nutrición vegetal (modelo flogisto); por otra parte en el EM1, (ver tabla 12, EM1,Línea 2), la ilustración contempla a diferencia de la gráfica anterior, las sales minerales los vellos absorbentes de la raíz, y también relaciona el sol y el dióxido de carbono (propio del modelo óxido reducción) como aspectos importantes en la nutrición de la planta.

En el EM2 El estudiante elabora una gráfica (ver tabla 12, EM2, Línea1), en la cual colorea de verde la copa de los árboles, lo cual pueda deberse a experiencias vividas en su contexto. En el gráfico del (ver tabla 12 EM2, línea 2), el estudiante explica detalladamente el proceso fotosintético, y aunque todavía usa términos del modelo analógico planta- animal, representa con claridad el intercambio gaseoso que se da en la fotosíntesis, y adicionalmente contempla los fenómenos día y noche que suceden en la misma, lo cual es un indicio de que el E3 se está acercando al modelo fotosintético. Por último, en el EM3 el E3 emplea un gráfico muy simple (Ver figura 8) cuyo valor agregado está en la figura que representa los fotones que se derivan del sol (característica del modelo fotosintético) aunque no aduce la importancia de los mismos en la ilustración, pero sí lo hace de manera verbal. En este experimento en la línea 2, se puede apreciar cómo el estudiante logra explicar en detalle el proceso de formación de la flor como hoja modificada, pero además complementa el gráfico con el proceso de la polinización, el cual no se estaba pidiendo en ese apartado, incorporando

la terminología relacionada con dicho proceso. La gráfica anterior es una evidencia de que el estudiante se apropia del experimento mental para concebir el paso de la flor al fruto (ver figura 7). En la tabla 9, es posible constatar que el E3 presentó mayor fluidez en el EM2 y en el EM3 respectivamente; es posible que el estudiante en el EM1 haya tenido menos fluidez porque apenas estaba incorporándose en el aprendizaje sobre la nutrición vegetal, al respecto Barker (como se citó en Cañal, 1991): “No es probable que los alumnos de primaria que no hayan recibido enseñanza sobre la fotosíntesis, posean concepciones al respecto formando parte de su ciencia de niños”. Sin embargo, cada vez que E3 experimentaba mentalmente fue alcanzando mayor habilidad para producir expresiones figurativas, que le ayudaron a mejorar su creatividad para buscar diversas soluciones a los problemas planteados en las situaciones iniciales de cada experimento mental. Hasta aquí se ha hablado de cómo cambiaron los modelos explicativos a partir de los experimentos mentales teniendo en cuenta los criterios preestablecidos en este estudio para los mismos.

Ahora es conveniente revisar cómo las respuestas inusuales contempladas por E3, están en relación con la redefinición de sus ideas, las cuales están en relación con los cambios de un enfoque desde el primer momento de la narración hasta permear las inferencias e hipótesis realizadas a partir del experimento simulado. A medida que E3 usa dichas expresiones inusuales, también van surgiendo cambios de un enfoque de pensamiento a otro, lo cual: por ejemplo la redefinición hecha por E3 en el EM1 están contempladas las expresiones inusuales (las cuales se resaltan dentro del texto para poderlas identificar): Grasa saturada, calor, sal, rayos ultravioleta, sombra, vellosidades) como se ve a continuación: EM1: El agua del río es dulce, El agua entra a la tierra, El agua entra a la arena, y las raíces absorben el agua y los nutrientes por las **vellosidades** que tienen; El alimento se va por diferentes caminos, El alimento se va al tallo, El tallo corta la comida en pedacitos, *La sal tiene sustancias que la planta no puede consumir químicos no reconocibles*, “Una de las plantas creció menos

*porque se puso en un lugar donde le afectan los **rayos ultravioletas** y la grasa de la sal”, Le afecta la grasa y el **calor** “rayos solares” rayos ultravioleta. El crecimiento de la planta puede estar afectado por la **grasa saturada** en los rayos del sol y en la arena caliente. La planta 2 creció más porque estaba al sol y **sombra**.*

Aquí se nota como el niño replantea ideas primero en torno a las sustancias que se incorporan por la raíz y sus efectos en el crecimiento de la plantas; pero luego, asume otros enfoques diciendo que diversas formas de energía son las que afectan dicho proceso y para ello introduce términos científicos, y por último reevalúa la idea de que la presencia de esas formas de energía son las únicas que interfieren, y le suma importancia a la ausencia de luz en dicho proceso “Sol sombra” (modelo fotosintético).”De este modo, se puede ver que el experimento mental va indicando en donde el niño debe hacer sus reformas conceptuales” (Nersessian, 1992, p.299).

De igual modo en el EM2 se ve como el estudiante redefine su pensamiento respecto al EM1 y E3 hace sus reformas conceptuales, pues aquí ya habla de que el crecimiento se ve afectado por otros aspectos como: Las relaciones de competencia entre raíces por el alimento, la influencia del aire, y otros factores relacionados con la participación de gases en el proceso fotosintético. Así mismo habla de las granas y su función, menciona la palabra clorofila y las fases de la fotosíntesis usando términos como día y noche (fenómenos día-noche) que luego los asume como fases lumínica y oscura de la fotosíntesis.

Y en el EM3 no se refiere a los caminos por donde se va el alimento, sino que ya utiliza términos como floema y xilema para referirse al sistema circulatorio de la planta; igualmente, no sólo le da importancia a la presencia y ausencia de luz, sino que además habla del término fotones, y además relaciona la hoja asumiendo otras funcionalidades para la misma diferentes a las excretoras (EM1) y la visualiza como el punto de partida para la formación de la flor (aspectos propio del modelo fotosintético).

De lo anterior, se puede decir que los experimentos mentales permiten el cambio de un enfoque a otro, estableciendo diversas alternativas de solución a una misma problemática, visión que concuerda con Osorio y Aguilar (como se citó en Castaño, 2014) los cuales afirman que en los experimentos mentales se pueden formar versiones diferentes del mismo escenario.

Igualmente, el replanteamiento de ideas se da al interior del experimento mental, o entre varios experimentos mentales como se vio en el EM1. Ya se evidenció que a partir de la situación imaginada, E3 expresan una serie de eventos que se cambian constantemente para generar soluciones alternativas a una posible situación real, lo que apunta al concepto de experimentación mental que desde Nersessian (1992) sería: (p.81)” la construcción de un modelo dinámico en la mente...” (p.292), a través del cual el estudiante empieza a imaginar y a expresar una serie de eventos que irá replanteando mientras experimenta mentalmente en torno a una potencial situación o problema del mundo del que no está participando en ese momento (Nersessian,1992). Por lo cual se podría pensar que dicho dinamismo está relacionado con la redefinición del pensamiento.

La redefinición del pensamiento, dio paso a la construcción de hipótesis orientadas a solucionar el problema. En este sentido Nersessian (1992), comenta que, al realizar los experimentos del pensamiento, el científico produce alternativas, hace predicciones, y saca conclusiones sobre potenciales situaciones del mundo real en las que él no está participando en el momento. Y el niño no es científico, pero se comporta de un modo parecido, al respecto Collantes y Escobar (2016):

Los niños siempre piensan bien y formulan hipótesis, aunque no por ello podemos decir que son científicos, en términos de la representación que circula socialmente; no obstante, capturan, observan, analizan, planifican, forman sus propios conceptos, realizan conexiones,

aplican sus habilidades en la atención a los detalles, elaboran sus propias conjeturas que en algún momento verbalizan. (p.90)

Así mismo, comentan que “el niño razona cuando en el proceso cognitivo se le exige dar respuestas a problemas previamente planteados” (p.81). De este modo E3 a través del razonamiento construye hipótesis, al respecto cuando argumentan que: “Los niños también formulan hipótesis desde edades tempranas y hacen procesos de razonamiento que le ayudan a desarrollar sus estructuras cognitivas” (p.81). A continuación, se relacionan algunas hipótesis construidas por E3:

- 1 La planta que estaba junto al mar creció menos porque el agua es muy salada y hace mucho calor.
La otra creció menos porque estaba en las condiciones aptas y seguras.
- 2 A la planta 1 le afecta porque al tener altas cantidades de sal, la sal tiene sustancias que la planta no puede consumir químicos no reconocibles.
- 3 El crecimiento de la planta puede estar afectado por el calor, el agua salada y además la arena.
- 4 Al formarse las sustancias con sal la planta tendría menos vida por toda la sal y la grasa saturada.
- 5 Descartaría que le afecta el agua salada, si no que le afecta la grasa y el calor “rayos solares” rayos ultravioleta.
- 6 La planta 2 creció más porque estaba al sol y sombra y el agua no tenía sal.
- 7 La temperatura afecta el crecimiento de la planta porque hay climas que son mortales
- 8 Cuando yo plantó una planta en la nieve la planta crece, pero en ciertas ocasiones las hojas de la planta se congelarían

Las tres primeras hipótesis están relacionadas con el modelo analógico planta-animal, en tanto que en la cuarta E3 hace uso del modelo flogisto y le da importancia a diversas formas de energía, pero no menciona el aire. La sexta hipótesis se evidencia el uso de términos científicos relacionados con el modelo actual de fotosíntesis. En la séptima y octava hipótesis

el niño posiblemente hace conexión con el entorno y parte de experiencias vividas. El E3 en el manejo de hipótesis intenta alejarse un poco del modelo analógico, para contemplar términos referidos al modelo fotosintético.

En el marco de la teoría de (Collantes y Escobar, 2016), se presenta un común denominador en los tres experimentos mentales relacionado con el cambio entre las hipótesis, donde las primeras que se presentaron fueron las de conocimiento previo, ya que éstas son básicas para formular cualquier hipótesis, y son necesarias para elaborar relaciones lógicas considerando una sola variable sobre el mundo y los objetos (Collantes y Escobar, 2016) ; dicha relaciones, dieron lugar a hipótesis de relación, y a partir de relaciones causales se dieron las hipótesis de causalidad. En las tablas 18,19 y 20 de los anexos se pueden ver la clasificación de las hipótesis producidas por E3 en cada experimento mental. De igual modo E3 presentó respuestas alternas ante una misma problemática, por lo cual pudo usar hipótesis alternas. Es de anotar que las hipótesis de relación las formuló cuando pudo conectar más de dos variables. Debido al grado de dificultad, las otras hipótesis también se presentaron en menor cuantía, por ejemplo, las de conexión le exigían a E3 relacionar todas las variables, las de desplazamiento obligaban a E3 a transferirse de un plano a otro para solucionar el problema. Finalmente cabe resaltar que E3 no formuló hipótesis de percepción, ya que éstas se dan generalmente en niños de 4 años según estudios realizados (Collantes y Escobar, 2016).

Finalmente, las hipótesis científicas son las de mayor complejidad, pero a pesar de éstos fueron usadas por E3 en los tres experimentos mentales, aunque en una mínima proporción, pues según (Collantes y Escobar, 2016) éstas se forman cuando el estudiante tiene una visión global del problema, posee soluciones coherentes y usa todas las variables para establecer relaciones y así llegar a una conclusión final del problema.

Consideraciones generales

En los modelos explicativos iniciales de E3 fue posible identificar modelo sintético basado en dos visiones de nutrición, el primero en relación con el modelo analógico planta-animal desde la incorporación de sustancias a través del suelo y la distribución de nutrientes al interior de la planta; y el segundo, que tiene relación con el modelo de la transmutación donde e3 le da importancia al agua y a la conversión de sustancias en la nutrición vegetal. Así mismo, se pudo ver la prevalencia de ideas y errores conceptuales frente a la nutrición vegetal, lo cual puede ser producto de experiencias pasadas o la falta de procesos enseñanza y de aprendizaje sobre este tema. Cabe anotar que no hubo aproximación conceptual a los modelos óxido-reducción y al modelo actual de fotosíntesis.

De otro lado, se podría afirmar que la experimentación mental requiere de la construcción de un tejido narrativo, a través del cual el niño logra materializar lo que imagina, y contempla desde la memoria varias alternativas para solucionar problemas del mundo del cual no está participando en el momento (situación inicialmente descrita sobre la nutrición vegetal). Dicho tejido narrativo fue estructurado por E3 teniendo en cuenta 4 aspectos: El contexto o escenario, los personajes, el uso de tópicos, la descripción de eventos y la comunicación del experimento a otros. En los dos primeros aspectos el niño consideró la planta bajo un principio de dualidad donde la visualiza como escenario y a la vez como personaje; así mismo, E3 se ve como un personaje activo que interactúa con la planta para determinar cómo se comporta ésta mientras se da el proceso de nutrición. En cuanto a la descripción de eventos, éstos fueron concebidos de una manera lógica, y organizada por parte del estudiante en conexión con el tema central de la problemática, y a partir de éstos el estudiante realizó inferencias, construyó hipótesis las cuales redefinía de manera constante.

A medida que el estudiante experimentó mentalmente se hicieron visibles los cambios en sus modelos explicativos en la narración a través de un proceso de razonamiento de la

situación imaginada y durante todo el proceso de experimentación mental, los cuales trascendieron del modelo sintético usado inicialmente para dar lugar a otros modelos explicativos diferentes que condujeron al niño hacia el uso de aspectos relacionados con modelo actual de fotosíntesis, y así mejorar su aprendizaje sobre nutrición en plantas.

La experimentación mental posibilita a E3 la generación de ideas inusuales (propias del componente originalidad), las cuales están contenidas en una secuencia de eventos que E3 estableció en su tejido narrativo. A medida que E3 experimenta mentalmente usa más términos inusuales mejorando su originalidad, y dando lugar a términos científicos y conceptos que le ayudan al estudiante a cambiar de unos modelos explicativos a otros que mejoran el aprendizaje sobre nutrición vegetal. Por ello, se puede decir que los experimentos mentales favorecen la originalidad del E3. Cabe anotar que dichas respuestas inusuales fueron expresadas por E3 por medio de textos escritos y de dibujos realizados.

Así mismo, los experimentos mentales permiten el uso de detalles que ayudan a mejorar las ideas el aprendizaje del niño en torno a la nutrición vegetal, en otros términos, que le ayudan a mejorar su elaboración. Las expresiones figuradas trabajadas en cada experimento dieron lugar a que E3 empleara unas categorías y subcategorías que daban cuenta de flexibilidad del niño y en sí de su fluidez en la realización de los dibujos (Expresión figurada).

Hasta ahora se podría decir que la experimentación mental favorece la originalidad, la elaboración, la flexibilidad y la fluidez como componentes de la creatividad. Por tanto, la experimentación mental permite afianzar habilidades en el niño para ser creativo (ver hoja de puntuaciones con el PC de creatividad para los componentes elaboración y flexibilidad).

Al parecer la experimentación mental permitió la redefinición de las ideas, en el tejido narrativo, las respuestas inusuales, el pensamiento del niño, las inferencias y las hipótesis generadas de un modo constante, lo que facilitó para E3 el cambio de un enfoque a otro, de

un modelo explicativo a otros, para establecer diferentes perspectivas ante una misma situación. Igualmente, a medida que el niño experimentaba mentalmente, se iba dando cuenta de las reformas conceptuales que debía hacer, y así mejorar su aprendizaje, construyendo de manera constante diversas hipótesis que le ayudan a E3 a mejorar su capacidad para resolver problemas.

Modelos explicativos finales

Tabla 16. Modelos explicativos iniciales y finales de E3

PREGUNTA	MEI	MEF
P1 Para qué se nutren las plantas? Justifique su respuesta	R1: Para crecer y para tener fuerza y poder sacar flor y fruto	R1 Las plantas se nutren para dar forma a la flor, al fruto y también para crecer, la planta toma el agua y los nutrientes y esos elementos se fusionan dando forma la savia bruta y una parte de esa savia se va para las hojas y en las hojas esa savia se combina con otros elementos para dar forma a otras materias.
P2: ¿De dónde crees que las plantas toman los nutrientes? Justifique su respuesta.	R2: De la tierra del sol del agua y del abono que le echan.	R3: Las plantas toman nutrientes de la luz, agua, arena, CO ₂ , y oxígeno
P3: Explica lo qué sucede con los nutrientes que toma la planta cuando se está alimentando. Justifica tu respuesta.	R3: Cuando los toma, esos nutrientes suben por el tallo y hacen que los nutrientes se distribuyen y que los nutrientes lleguen a todas partes.	R3: Lo que pasa es que esos nutrientes son absorbidos por las raíces vellosidades y en el paso al tallo se fusionan para formar la savia bruta y una parte de esa savia lo toma como alimento y la otra sirve para formar otras materias.
P4: Si tienes una planta de frijol encerrada dentro de una bolsa, crees que ésta crecerá del mismo modo que lo hace una planta al aire libre. Justifica tu respuesta	R4: No no crecerá porque necesita aire y agua pero si está fuera de la bolsa vivirá normalmente	R4: No crecería porque la planta en la fase lumínica bota oxígeno y toma CO ₂ y al hacer lo mismo todos los días tomaría el mismo oxígeno y el mismo CO ₂ y cada vez se acabaría el oxígeno y el CO ₂ .

PREGUNTA	MEI	MEF
P5: Los cactus pueden vivir en el desierto. ¿Cómo hacen estas plantas para poder crecer en dicho ambiente?. Justifica tu respuesta	R5: Los cactus sobreviven en el desierto porque almacenan agua. En el desierto llueve una vez al año entonces los cactus reúnen todo el agua posible y eso hace que sobrevivan	R5: Un cactus puede vivir en el desierto ellos crecen porque en el desierto llueve una vez al mes entonces los cactus toman toda el agua posible para distribuirla para el resto del mes.
P6: Juan va con su familia a una salida de campo al jardín botánico, y le obsequiaron una planta que crece en el agua. Juan se la llevó a casa, pero dudaba si su planta crecería bien o no. Qué crees que sucedería con la planta al cultivarla en la tierra?. Justifica tu respuesta.	R6: La planta simplemente no viviría porque como la planta es de agua no está acostumbrada a ese medio	R6: En el Jardín Botánico las plantas crecerían, pero no tanto como en el agua la planta no está acostumbrada a la Tierra y tomaría tiempo adaptarse.
P7: ¿consideras que las plantas pueden ser cultivadas en cualquier material?. Justifica tu respuesta	R7: Si pero también depende del tipo de planta que sea	R7: No porque ciertos materiales tienen sustancias que le dañarían el crecimiento a las plantas, cemento, piedra, etcétera
P8: ¿Cómo se explica que las plantas tomen algunos elementos para nutrirse, y al final se forman materiales muy diferentes como madera, hojas y raíces? Y cuáles son los nutrientes	R8: Toman los nutrientes para crecer entonces cuando crecen van formándose y salen dichos elementos	R8: Los nutrientes son absorbidos y se fusionan para formar la savia bruta con esa savia se fusiona con luz, agua, CO ₂ y forma la savia elaborada con esta nueva savia la planta puede formar flor, fruto, etcétera.
P9: La abuela de Pedro duerme placenteramente en su cuarto, y en él tiene 4 plantas que le han regalado varios de sus hijos. ¿Crees que esto puede afectar la salud de la abuelita?. Justifica tu respuesta.	R9: No pero también depende del tipo de planta y en que medio está	R9: La abuelita si le afectaría porque las plantas por la noche toman oxígeno y liberan CO ₂ Y ese CO ₂ invade el cuarto y la abuela ya Podría tener ciertas enfermedades en los pulmones
P10: Explica detalladamente cómo las plantas producen su alimento	R10: las plantas toman los nutrientes de la tierra entonces dichos nutrientes se combinan con unas sustancias y se convierte en el alimento va por el tallo y se distribuye por ella.	R10: Cuando les echamos agua a una planta las raíces absorben el agua y los nutrientes de la Tierra, y esa agua con esos nutrientes se fusionan para dar forma a la savia bruta y una parte de esa savia se va para fusionarse

		<p>con luz, agua, Co2 y se fusiona para dar forma a la savia elaborada y con la savia elaborada se va para otra hoja para modificarla, un retoño de flor cuando la flor crece tiene el androceo y el gineceo y en él androceo baja el polen hasta el estigma del gineceo y baja hasta los ovarios y en los ovarios baja el polen y cuando llega al tiempo los pétalos se van cayendo y también se cae el androceo Entonces el talamo empieza a engrosarse hasta formar el fruto finalmente este proceso se resume en varias etapas primero absorción de nutrientes segundo síntesis tercero formación de la flor cuarto polinización y quinto formación del fruto.</p>
--	--	--

En este cuadro se muestra un contraste de los modelos explicativos iniciales y finales de E3, que sirvieron para valorar los cambios producidos en los mismos. Para ello se emplean siglas como: MEI: Modelos explicativos iniciales; MEF: Modelos explicativos finales; P: Pregunta; R: Respuesta

En los modelos explicativos finales se han mostrado cambios que son importantes en el aprendizaje del concepto de nutrición en plantas. El estudiante sigue hablando de la nutrición vegetal pero ya no en términos de fuerza (como antes de la intervención) sino en función de crecimiento y formación de estructuras como flor y fruto; Igualmente, en los modelos finales es mucho más descriptivo y explica cómo se da el proceso de transformación y de combinación de unas sustancias para dar lugar a otras (modelo de la transmutación), pero a nivel de un niño de la básica primaria (ver tabla 25, P1, R1 – P3, R3 – P8, R8); E3 en sus modelos finales habla de la nutrición en plantas en torno a la captación de diferentes sustancias a través de la raíz, (modelo analogía planta-animal) estructura que no relaciona en sus modelos explicativos iniciales, y se refiere al proceso de absorción de nutrientes y agua para formar la savia bruta (modelo analógico planta-animal) y luego precisa sobre los elementos necesarios para dar lugar a la savia elaborada conceptos científicos que no fueron descritos por el E3 en sus modelos explicativos iniciales. (Ver tabla 25, MEF, P1, R1 – P3,

R3 – P10, R10). En este sentido es claro que E3 después de la intervención menciona que la planta toma nutrientes de los gases, lo cual puede significar que el niño estima otras sustancias que se incorporan a la planta para su nutrición; sin embargo, no puntualiza la estructura por dónde ingresan dichas sustancias.

De otro lado, le da importancia al aire (Modelo flogisto) en la nutrición vegetal y explica e detalle lo que sucede con la nutrición de la planta en ausencia de oxígeno, refiriéndose a un proceso de consumo de gases.

E3 considera (a diferencia de sus modelos iniciales) otras sustancias y medios de nutrición diferentes a la tierra en el crecimiento y desarrollo de la planta, dando importancia los gases y a la luz (Ver tabla 16, P2, R2 – P4, R4 – P8, R8 – P9, R9 – P10, R10) en el proceso de nutrición (Modelo oxido-reducción); por lo que se puede decir, que E3 contempla en sus MEF sistemas de adaptación de la planta a otros medios, por lo cual muestra mayor flexibilidad al en su pensamiento respecto a este tema. De igual forma, E3 da mayor relevancia al agua (modelo de la transmutación) y la relaciona con el proceso de formación de la savia bruta y la savia elaborada (ver tabla 16, P1, R1 – P8, R8 – P10, R10) conceptos científicos que no fueron relacionados por E3 antes de la intervención.

Así mismo, le da importancia a la hoja (lo cual no ocurrió en los MEI) y se refiere a ésta como una estructura transformadora de sustancias que dan lugar a la flor y al fruto (ver tabla 16, MEF, P1, R1. P10, R10); Así pues, se puede decir que E3 también habla de nutrición vegetal en relación con la producción de alimento a partir de la formación de la flor, y explica en detalle los procesos que se dan al interior de la planta cuando se está alimentando; Por lo anterior, el niño asume la flor como el producto de una hoja modificada. Un valor agregado es que E3 menciona cómo se da el proceso de polinización, para dar lugar al fruto, e identifica con términos científicos adecuados las estructuras que participan en dicho proceso

como androceo, gineceo, polen, estigma, ovarios, tálamo, engrosamiento, y pétalos; los anteriores aspectos tampoco fueron mencionados por E3 en sus MEI.

Es claro que E3 muestra la permanencia de un error conceptual al considerar que el aire viciado afecta de manera negativa la salud humana (modelo flogisto), lo cual indica que en el niño aún prevalecen remembranzas del pasado. Así mismo habla de intercambio gaseoso, pero no a nivel de la hoja como se dio en uno de sus experimentos mentales, sino como un proceso cíclico de consumo de gases.

Concibe el CO₂ como insumo para la producción de savia elaborada junto con otros aspectos como luz, agua, pero no asume que el oxígeno viene del CO₂. Otro aspecto nuevo incorporado por el estudiante, se relaciona con una de las dos fases de la fotosíntesis: la fase lumínica, y explica adecuadamente el sentido de intercambio de los gases de la misma, y aunque no habla de la fase oscura, es evidente que diferencia muy bien ésta fase (Ver tabla 16, P4, R4). Lo anterior, coincide con Giordan (1990), quien afirma que el 30% de niños encuestados de 10 y 12 años de primaria, conocen sobre el intercambio de gases, y también menciona que más del 80 % de niños encuestados han oído hablar del desprendimiento de oxígeno, pero se confunden si éste gas entra o sale, aspecto que no se presentó con E3. Cabe anotar, que el estudiante le da otra funcionalidad al CO₂ respecto a la formación de la savia bruta.

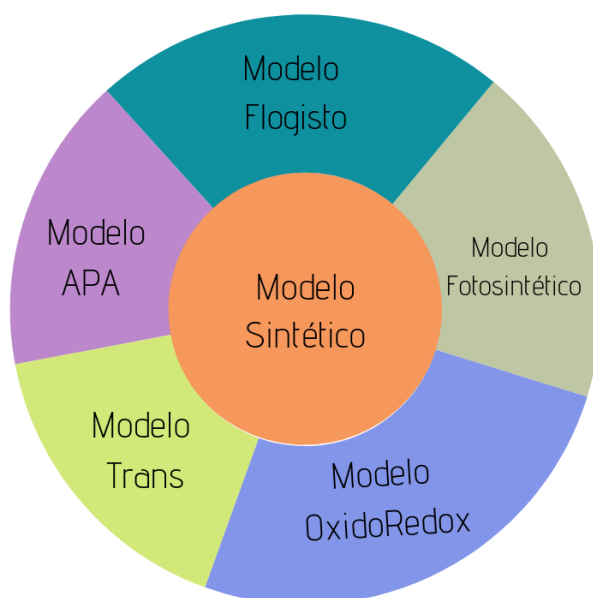
Finalmente, el estudiante sintetiza de manera secuencial y organizada los pasos que se dan en el proceso de nutrición desde que los nutrientes ingresan a la planta, hasta que se forma el fruto.

De acuerdo a lo descrito, es posible afirmar que el E3 mostró cambios conceptuales en torno a la nutrición en plantas, dejando ver una mayor comprensión en relación a dicho tema. Así mismo, uso modelos sintéticos de nutrición en plantas, pero a diferencia de los usados en sus MEI, aquí abordó el modelo oxido-reducción, el cual le ayudó a aproximarse al modelo

fotosintético actual. En este sentido, E3 no se basa en sólo modelo explicativo para hablar de nutrición en plantas, sino que aborda varios modelos; lo anterior, está acorde con la teoría de (Tamayo, 2009, Giere, 1992, Tamayo y Sanmartí, 2007) (Tomado de Velásquez, 2011) “los modelos no son estáticos sino dinámicos y el contexto influye en la transformación del modelo”.

A continuación, se muestra la representación del modelo sintético de nutrición en plantas de E3 en sus modelos explicativos finales:

Figura 15. Modelo sintético de nutrición



Modelo explicativo sintético del estudiante 3 después de haber aplicado los experimentos mentales.

Conclusiones

Según los resultados encontrados se concluye:

A partir de los experimentos mentales E3 construyó un tejido narrativo en el cual expresó y verbalizó de manera espontánea la situación que imaginó, haciendo inferencias y anticipándose a los acontecimientos desde su memoria; para la construcción del tejido narrativo, E3 mencionó los siguientes aspectos: 1. Una serie de eventos creados por él mismo, en relación con la nutrición vegetal, los cuales fueron concebidos de acuerdo a cómo suceden normalmente las cosas en el mundo. 2. Contempló una dualidad para la planta, al verla como escenario y a la vez como personaje. 3. E3 se perfiló como un agente activo, como otro personaje que interactuaba con la planta para poder describir aspectos del comportamiento de la misma. Así mismo, el estudiante tuvo en cuenta una audiencia (maestra y sus compañeros de curso) a la hora de realizar su tejido narrativo, el cual podía ser comunicado a otras personas. Por lo anterior, se puede afirmar que los experimentos mentales favorecieron el uso de la narrativa, la cual sirvió como insumo para la redefinición del pensamiento del estudiante, ya que sus modelos explicativos fueron cambiando paulatinamente desde un modelo analógico planta-animal, donde E3 estimó la incorporación de sustancias a la planta a partir del suelo, y la competencia de las raíces por el alimento, hasta modelos explicativos más cercanos al modelo de fotosíntesis actual, donde habla de los tipos de luz, de la clorofila, del intercambio de gases, de las fases fotosintéticas, y de múltiples funciones de la hoja como: Elaborar sustancias, captar fotones, formar la flor, para luego dar lugar al fruto. De igual modo, la hoja fue visualizada por E3 como una fuente productora de alimento, aspecto que no es usual en los niños de su edad.

La experimentación mental también dio lugar al uso de cuatro aspectos que hacen parte de la creatividad del niño. El primero se relaciona con el uso de términos inusuales que antes no

había usado E3 y que reflejaron el grado de originalidad del mismo, el cual fue acrecentándose en cada experimento mental. El segundo aspecto, se refiere a las expresiones figuradas y verbales de E3 que dieron cuenta de su flexibilidad; el tercer aspecto se relaciona con el grado de elaboración del niño donde se vio como sus niveles de detalle fueron mejorando en cada experimento. Y un último aspecto la Fluidez, tiene que ver con la variabilidad de las respuestas dadas por E3, aspecto que también mostró el uso de diversas ideas en cada uno de los experimentos mentales. Según los resultados obtenidos, se puede ver que la experimentación mental permitió al niño ser más creativo al hacer su simulación mental, sus inferencias, y al forjar sus hipótesis.

Es de reconocer, que los experimentos mentales favorecieron la construcción de las hipótesis de diversos tipos en el E3, las cuales fueron surgiendo a medida que el niño redefinía su pensamiento. Dichas hipótesis aumentaron su nivel de complejidad en cada experimento mental por lo que en principio (EM1) E3 usó aquellas que sólo tenían en cuenta conceptos previos, o que requerían del manejo de una sola variable; pero luego, empezó a usar otras hipótesis que exigían la relación entre dos o más variables, o que requerían del uso de respuestas alternas para solucionar el problema, o la conexión entre todas las variables, aproximándose un poco a la hipótesis de carácter científico, las cuales se presentaron en menor cuantía debido a su grado de dificultad, ya que exigía explicaciones más elaboradas con justificación y el uso de conclusiones para resolver el problema. Cabe anotar, que con el uso de las hipótesis los modelos explicativos de E3 también fueron cambiando, y permitieron distanciarse del modelo analógico planta-animal, para aproximarse al modelo fotosintético actual, favoreciendo el aprendizaje del niño sobre la nutrición vegetal.

La experimentación mental permitió el cambio en los modelos explicativos del niño, donde sus modelos explicativos iniciales se basaron en un modelo sintético con dos visiones de nutrición, el primero en relación con el modelo analógico planta-animal desde la

incorporación de sustancias a través del suelo, y la distribución de nutrientes al interior de la planta; y el segundo, que tiene relación con el modelo de la transmutación, donde el niño le da importancia al agua y a la conversión de sustancias en la nutrición vegetal. Así mismo, se pudo ver la prevalencia de ideas y errores conceptuales frente a la nutrición vegetal, lo cual puede ser producto de experiencias pasadas o la falta de procesos enseñanza y de aprendizaje sobre este tema. Cabe anotar, que E3 en sus MEI no tuvo aproximación conceptual a los modelos óxido-reducción y al modelo fotosintético. Por otra parte, en los modelos explicativos finales, el niño usó un modelo sintético basado en cinco modelos de nutrición: Analogía planta animal, transmutación, flogisto, Oxido-reducción, y modelo fotosintético actual, donde se resaltan los siguientes aspectos: Se refiere a la nutrición vegetal pero ya no en términos de fuerza sino en función de crecimiento y formación de estructuras como flor y el fruto. Considera otras formas de incorporación de sustancias a la planta (Hojas, raíces) y otras sustancias o fuentes de nutrición diferentes a la tierra (gases y luz). Le da importancia al aire en la nutrición vegetal y explica e detalla lo que sucede con la nutrición de la planta en ausencia de oxígeno, refiriéndose a un proceso de consumo de gases. Igualmente, contempla en sus MEF sistemas de adaptación de la planta a otros medios; le da importancia a la hoja y se refiere a ésta como una estructura transformadora de sustancias que dan lugar a la flor y al fruto. Es más descriptivo y explica mejor cómo se alimenta la planta, y cómo se da el proceso de transformación y de combinación de unas sustancias para dar lugar a otras, lo cual está en relación con la producción de alimento a partir de la formación de la flor (Flor como hoja modificada). Un valor agregado es que E3 menciona cómo se da el proceso de polinización, para dar lugar al fruto, e identifica con términos científicos adecuados las estructuras que participan en dicho proceso. Las diferencias anteriores, permiten visualizar los cambios generados antes y después de la intervención, y se puede notar que el niño mejoró su nivel de comprensión y por ende su aprendizaje en torno a la nutrición en plantas.

Recomendaciones

- 1 Seguir implementando la experimentación mental y la enseñanza de la nutrición vegetal desde niveles de educación primaria, que servirán de apoyo para el aprendizaje de este tema en años posteriores es decir niveles de educación básica y pregrado.
- 2 Incorporar procesos metacognitivos en el estudio de la experimentación mental, en aras de abordar otros aspectos cruciales más holísticos que pueden favorecer el uso de esta estrategia y por ende el aprendizaje del estudiante.
- 3 Promover el uso de la experimentación mental en otros campos disciplinares diferentes a las Ciencias Naturales.
- 4 Estudiar la relación entre la experimentación y la motivación, en aras de comprender los altibajos que sufren los niños y las maneras para enfrentarlo y llevar a feliz término el experimento mental.
- 5 Estimar la creación de otros instrumentos de baremación que sean más versátiles para medir el componente flexibilidad y poder realizar procesos de catalogación más precisos en la medición de la creatividad en la expresión figurada.
- 6 Es conveniente que los docentes continúen explorando la experimentación mental como estrategia de trabajo en el aula de básica primaria, ya que son muy pocas las investigaciones que existen en torno a la misma.
- 7 Darle continuidad al programa de becas para la excelencia docente, promovido por el Ministerio de Educación Nacional, ya que ha servido de apoyo para realizar procesos de investigación en el aula, en aras de mejorar la educación colombiana.

Bibliografía

- Adúriz & Revel (2016). El pensamiento narrativo en la enseñanza de las ciencias. Universidad de buenos aires Inter-Acao. *Goiania* 41.(3), pp. 691-704.
- Alcaldía de Pereira Secretaría de Planeación Municipal Subsecretaría de Planeación Socioeconómica (2017), Juan Pablo Gallo. Anuario estadístico presupuesto participativo 2014 – 2015 – 2016.
- Barrera y Builes. (2016). Experimentos mentales con literatura científica para la comprensión del concepto de campo: una unidad didáctica Universidad de Antioquia facultad de Educación. *Repositorio digital*
- Barrutia et al... (2016). ¿ha mejorado el conocimiento sobre la nutrición de las plantas desde los años 90? un análisis temporal con alumnado de primaria y secundaria. *Revista Campo Abierto* 35, (1), pp. 217-231.
- Benejam, G. (2000). Experimentos mentales en Ciencia y filosofía. *Episteme* 20 (1) pp. 63-88
- Benítez (2008) Instituto de Literatura y Ciencias del Lenguaje, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile. Artículo de investigación
- Bombas de intuición. (2014). Sobre la utilidad de los experimentos mentales. Una anotación acerca de las pretenciones científicas. Abril de 2014, Universidad Nacional de Colombia
- Briomes, G. (1996). Epistemología de las ciencias sociales. Restrepo, B. Investigación en Educación. Bogotá, Colombia. Instituto Colombiano para el fomento de la Educación Superior ICFES
- Cadavid A. (2013) relaciones entre la metacognición y el pensamiento viso-espacial en el aprendizaje de la estereoquímica. Universidad Autónoma de Manizales pp.12.

Cañal, P. (1990). *La enseñanza en el campo conceptual de la nutrición de las plantas verdes. Un estudio didáctico en la educación básica*. Tesis doctoral inédita. Universidad de Sevilla.

_____. ¿Cómo mejorar la enseñanza sobre la nutrición de las plantas verdes? Sevilla: Junta de Andalucía pp. 97-111.

Cañal, P. (1991). Concepciones de los alumnos y alumnas sobre la nutrición de plantas las verdes. *Investigación en la Escuela*, 97-113.

Cano & Zapata (2013) El sistema digestivo y la digestión: modelos explicativos de los estudiantes de cuarto grado de básica primaria. Universidad de Antioquia. Medellín.

Campanario, J.M. (2000). El desarrollo de la metacognición en el aprendizaje de las ciencias: Estrategias para el profesor y actividades orientadas al alumno. *Enseñanza de las ciencias*, 18 (3), pp. 369-380.

Castaño, J.M. (2014). *Experimentos mentales como herramienta didáctica en la enseñanza de la física*. Universidad Nacional de Colombia sede Manizales.

Chávez Tortolero, Milagros. (2002) Estudio analítico no lineal de los modelos explicativos de la nutrición vegetal y su valor para el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología*. Universidad Pedagógica Nacional. 11: 3-14.

Collantes y Escobar. (2016) *Desarrollo de la hipótesis como herramienta del pensamiento científico en contextos de aprendizaje en niños y niñas entre 4 y 8 años de edad*. Fundación Universitaria Konrad Loren.

Cortéz ramírez, Juan Alejandro (2008). Método de estudio de casos como estrategia de investigación aplicada en organizaciones: Experiencia en el grupo de estudios empresariales de la Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín Colombia. *Revista Internacional de Investigación y del uso del método del caso* XX, 1.

Craft, A. (2000). *Creativity across the primary curriculum*. Routledge: London.

Ornelas & Cántora (2012). Platonismo cum externismo en la epistemología de los experimentos mentales: Departamento de filosofía, Universidad Autónoma metropolitana Iztapalapa México. *Ludus Vitalis*, xx (37), pp. 33-46.

Donati, E. y Andrade, J. J. (1990). La utilidad de las analogías en la enseñanza de las ciencias en base a una posible clasificación. *Revista de Enseñanza de las Ciencias* 8, pp.89-92.

_____. (2004). Las propiedades de las disoluciones a través de experimentos mentales. *Revista investigación Educativa*, pp. 432-435.

Educación Chile. *El Portal de la Educación recursos para auto instrucción tipos de evaluación evaluación de la creatividad*.

Fryer, M. (1996). *Creative teaching and learning*. London: Paul Chapman Publishing.

Gomila B. (2008). *Experimentos mentales en ciencia y en filosofía*. Dep. Hª y Fil. de la Ciencia. Universidad de la Laguna.

González. (2012). Universidad de Chile. Experimentos mentales: Entorno a la categoría de “bombas de intuiciones” en la discusión entre Searle, Dennett y Hofstadter. *Revista Observaciones Filosóficas* (15).

González., et al (2014). El modelo de nutrición vegetal a través de la historia y su importancia para la enseñanza. Universidad de la Coruña. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 11(1), pp.2-12.

Hacking, I. *Revoluciones científicas*. Fondo de Cultura Económica, México, 1985, p. 17-57.

Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, (1998). *Metodología de la Investigación*. México D.F. Editorial Mc Graw Hill, quinta edición.

- Jiménez, J.E., Artiles, C., Rodríguez, C y García, E. (2007). Adaptación y baremación del test de pensamiento creativo de Torrance: expresión figurada. Educación Primaria y Secundaria.
- Klimenko, O. (2008). La creatividad como un desafío para la educación del siglo XXI. *Educación y Educadores 11*(2), pp. 191-210
- Macías, F. (2014). La experimentación mental en la formación de maestros de ciencias: Una alternativa para la enseñanza de la física moderna en la escuela. Universidad de Antioquia, pp. 1-89
- Medina. (2014). Sobre la utilidad de los experimentos mentales una anotación acerca de las pretensiones científicas. *Universidad Nacional de Colombia*, pp.11-18
- Ministerio de educación Nacional (2004). Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales, pp. 16.
- N. J. Nersessian. (1992) Source: PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association, *Theoretician's Laboratory: Thought Experimenting as Mental Modeling 2*, pp. 291-301.
- National Advisory Committee on Creative and Cultural Education (NACCCE). (1999) *All our futures: creativity, culture and education*. Department for Education and Employment London.
- Revel Chion, A. (2018). 2B 009. Pensamiento narrativo y argumentación en la enseñanza de las ciencias. *Tecné Episteme Y Didaxis TED*, (Extraordin). Recuperado de <http://revistas.pedagógica.edu.co/index.php/TED/article/view/8909>.
- Romero, A. E. y Yirsén, A. M. (2011). A propósito de los experimentos mentales: Una tentativa para la construcción de explicaciones en ciencias. V Congreso Nacional de Enseñanza de la Física. *Revista científica volumen extra*.

- Ruíz, E.M. (2012). *Función de los experimentos imaginarios en el desarrollo de la física cuántica*. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Barcelona.
- Santaella, M (2006). La evaluación de la creatividad Sapiens. *Revista Universitaria de Investigación* 7(2), pp. 89-106.
- Seltzer, K. & Bentley ,T. (1999). *The creative age: knowledge and skills for the new economy*. Demos: London.
- Tamayo, O.E. (2009). Didáctica de las ciencias: La evolución conceptual en la enseñanza y en el aprendizaje de las ciencias. Manizales: Editorial Universidad de Caldas.
- Velásquez, L.H. (2011). Modelos explicativos sobre el concepto de nutrición en plantas en estudiantes de Básica Secundaria Rural. Universidad Nacional de Colombia. Universidad Nacional de Colombia, pp. 1-78.
- Yacuzzi, E (2005) (Universidad del CEMA). El estudio de caso como metodología de investigación: teoría, mecanismos causales, validación.
- Taylor, S.J. & Bogdan R. (1986). Introducción a los métodos cualitativos de investigación. La búsqueda de significados. Buenos Aires, Paidós, pp. 1-33.
- K. Yin Robert (1986). Investigación sobre estudio de casos: Diseño y métodos, pp. 1-35.

ANEXOS

Tabla 1. Listado de expresiones más usadas por cinco estudiantes de básica primaria del grado cuarto

EXPERI MENTO MENTAL	ESTUDIANTE IDEAS HABITUALES	JÚ PITER	S ATUR NO	U RANO	NEP TUNO	PLU TÓN
EM1	Las estructuras que participan en la nutrición vegetal son raíz, tallo, hojas, agua, sales minerales	X	X	X	X	X
	El Dióxido de carbono es importante	X	X	X	X	X
	La luz hace crecer la planta	X	X	X	X	X
	Savia bruta	X	X	X	X	X
	Agua	X	X	X	X	X
	Arena	X	X	X	X	X
	El agua del mar es salada	X	X	X	X	X
	Tierra	X	X	X	X	X
	Arena	X	X	X	X	X
	La savia bruta (combinación de agua y minerales).	X	X	X	X	X
	Sal	X	X	X	X	X
	Raíz (absorbe el agua y la pasa al tallo)	X	X	X	X	X
	Sol	X	X	X	X	X
EM2						
	Raíz (absorbe el agua)	X	X	X	X	X
	Oxígeno (viene del dióxido de carbono)	X	X	X	X	X
	Sol	X	X	X	X	X
	Luz (fuente de energía)	X	X	X	X	X
	Sombra	X	X	X	X	X
	Fase lumínica	X	X	X	X	X
	Fase oscura	X	X	X	X	X
	Agua	X	X	X	X	X
	Dióxido de carbono	X	X	X	X	X
	Oxígeno (símbolo)	X	X	X	X	X

EXPERI MENTO MENTAL	ESTUDIANTE	JÚ PITER	S ATUR NO	U RANO	NEP TUNO	PLU TÓN
	IDEAS HABITUALES					
	Savia bruta y savia elaborada	X	X	X	X	X
	Fotosíntesis	X	X	X	X	X
	Hoja (poros)	X	X	X	X	X
	Savia elaborada	X	X	X	X	X
	La savia elaborada se forma en la hoja combinando savia bruta con el dióxido de carbono	X	X	X	X	X
	Los cloroplastos	X	X	X	X	X
	clorofila	X	X	X	X	X
EM3	Flor	X	X	X	X	X
	Aroma	X	X	X	X	X
	Polen	X	X	X	X	X
	Fruto	X	X	X	X	X
	Polinización	X	X	X	X	X
	Las partes de la flor son: Cáliz, pistilo, gineceo, antera, sépalos, corola.	X	X	X	X	X
	Laboratorio	X	X	X	X	X

Expresiones más comunes usadas por cinco estudiantes del grado cuarto en cada uno de los experimentos mentales realizados

Tabla 2. Categoría de flexibilidad figurativa

NÚMERO	CATEGORÍA
1	ACCESORIO O JOYAS
2	ALIMENTACIÓN
3	ANIMALES O PARTES
4	ANIMALES PISTAS Y RASTROS
5	ANIMALES VIVIENDA
6	ÁRBOLES
7	ARMAS O TRAMPAS
8	ARTICULOS DE MENAJE O DOMÉSTICOS.
9	ARTE Y MATERIAL ARTÍSTICO
10	CABLES, POSTES O HILOS
11	CARRETERAS Y CALLES
12	CIELO
13	CIENCIA
14	CLIMA Y TIEMPO
15	DEPORTES
16	DINERO
17	DISFRACES
18	DISTRACCIONES
19	EDIFICIOS
20	ELEMENTOS DE UN EDIFICIO
21	EMBALAJE
22	EQUIPAJE Y OBJETOS DE CUERO
23	ESCALERAS
24	ESPACIO (Universo)
25	FLORES
26	FORMAS GEOMÉTRICAS
27	FRUTOS
28	FUEGOS
29	GEOGRAFÍA Y PAISAJES
30	INSECTOS
31	JUEGOS
32	JUGUETES
33	LETRAS DEL ALFABETO
34	LIBROS
35	LUZ
36	MÁQUINAS Y APARATOS DOMÉSTICOS
37	MATERIALES ESCOLARES Y DE OFICINA
38	MATERIALES Y EQUIPOS DE CONSTRUCCIÓN
39	MEDICAMENTOS
40	MOBILIARIO

	CATEGORÍA
44	PALOS
45	PARTES DEL CUERPO
46	PESCADOS Y ANIMALES MARINOS
47	PLANTAS
48	RECIPIENTES
49	REFUGIOS
50	ROPA DE CASA
51	RÓTULOS / CARTELES
52	RUEDAS Y ACCESORIOS AUTOMOVILÍSTICOS
53	SERES HUMANOS
54	SERES SOBRENATURALES
55	SIGNOS Y SÍMBOLOS
56	SONIDOS
57	TABACO
58	TRANSPORTES DE TIERRA
59	TRANSPORTES DE AIRE
60	TRANSPORTES DE MAR
61	ÚTILES
62	VESTIDOS
63	OTROS

Tabla 3 categoría del componente flexibilidad figurada del estudiante 3

EXPERIMENTO MENTAL	NÚMERO DE LA CATEGORÍA	NOMBRE DE LA CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA
EM1	6	Arboles	Árbol
	29	Geografía y paisajes	Río
	29	Geografía y paisajes	Mar
	25	Flores	Flores
	63	Otros	Suelo
	6	Arboles	Raíz
	47	Planta	Planta
	6	Arboles	Hoja
	47	Plantas	Tallo
	35	Luz	Sol
	47	Plantas	Conducto que lleva sustancias
	35	Luz	Luz
	11	Otros	Arena
	11	Otros	Tierra
	14	Otros	Agua
	47	Planta	Savia bruta
	12	Cielo	Nubes
	63	Otros	Sal
	63	Otros	Dióxido de carbono
EM2	27	Frutos	Frutos
	63	Otros	Día
	63	Otros	Noche
	63	Otros	Oxígeno
	63	Otros	Símbolo CO2
	63	Planta	Savia bruta
	47	Planta	Conductos para circular la savia
	47	Planta	Estomas
	47	Planta	Hoja
	6	Arboles	Raíz
	47	Plantas	Tallo

	35	Luz	Sol
	12	Cielo	estrellas
	12	Cielo	Luna
	63	Otros	Sales
	6	Árboles	Árbol
	25	Flores	Flor
	63	Otros	Suelo
	12	Cielo	Cielo
	6	Árboles	Arbol
EM3	47	Plantas	Conducto que lleva sustancias
	35	Luz	Sol
EM3	47	Plantas	Savia
	6	Árboles	Hoja
	47	Planta	Tallo
	25	Flores	Flor
	25	Flores	Filamento
	25	Flores	Androceo
	25	Flores	Gineceo
	25	Flores	Cáliz
	25	Flores	Estilo
	25	Flores	Pistilo
	25	Flores	Sépalos
	25	Flores	Ovulo
	25	Flores	Ovario
	25	Flores	Polen
	35	Luz	Fotones
	25	Flores	Pétalos
	25	Flores	Estambres

Este listado contiene las categorías relacionadas con el componente flexibilidad en la expresión figurada del E3, en cada experimento mental, de acuerdo a la baremación de Jiménez...et al., 2007 al test de pensamiento creativo de Torrancé

TABLA 4. HOJA DE VACIADO PUNTUACIONES

ADAPTACIÓN DEL TEST DE PENSAMIENTO CREATIVO DE TORRANCE
(EXPRESIÓN FIGURADA)

Alumno/a _____ Escolarizado en _____ curso

Centro _____

EM1

FLEXIBILIDAD	ELABORACIÓN
PD : 8	PD 2

EM2

FLEXIBILIDAD	ELABORACIÓN
PD : 7	PD 3

EM3

FLEXIBILIDAD	ELABORACIÓN
PD : 4	PD 3

Total creatividad figurativa

	FLEXIBILIDAD	ELABORACIÓN
PD EM1	8	2
PD EM2	7	3
PD EM3	4	3
PD sumativa de las tres anteriores	19	8
PC por componente	74	26
Suma del total de la PD de los dos componentes: <div align="center" style="border: 1px solid black; width: 60px; height: 40px; margin: 0 auto;">27</div>	PC de Flexibilidad : 74 PC CREA: <div align="center" style="border: 1px solid black; width: 60px; height: 30px; margin: 0 auto;">168</div> PC de Elaboración : 26 PC CREA <div align="center" style="border: 1px solid black; width: 60px; height: 30px; margin: 0 auto;">96</div>	

Hoja de puntuaciones de los componentes flexibilidad y elaboración de la creatividad figurativa en cada uno de los experimentos mentales realizados por el E3, con las puntuaciones directas (PD) y los percentiles (PC) hallados.

Tabla 5. Ideas incorporadas por el E3 en los experimentos mentales

	EM1	EM2	EM3
EXPRESIONES VERBALES	<p>Me vuelvo chiquito para entrar en la planta Entonces el agua va por la arena y las raíces absorben el agua y los nutrientes por las vellosidades que tienen entonces esos nutrientes se fusionan con el agua entonces las raíces mandan ese alimento por el tallo para que cada pedacito de alimento se vaya por diferentes caminos, entonces el agua de mar es muy salada y al mandar alimento a la hoja se produce una sustancia Blanca provocada por la sal.</p> <p>El agua del mar es salada El agua del río es dulce El agua entra a la tierra El agua entra a la arena El alimento se va por diferentes caminos El alimento se va al tallo El tallo corta la comida en pedacitos</p>	<p>“Cuando me meto en el árbol bajo hasta la raíz y me doy cuenta que sus raíces son muy grandes y a medida que crecen se vuelven más grandes y cuando se choca con otra raíz más grande la puede dañar y cuando la daña una raíz absorbe menos nutrientes.</p>	<p>Cuando la hoja forma la savia elaborada esa sustancia se va por un tubito que se llama floema Entonces cuando las hojas absorben los fotones los colores que absorben se combinan con la savia elaborada entonces se empieza a formar una pequeña materia llamada flor entonces va creciendo como si fuera una planta. Cuando ya haya crecido esa flor absorbe la luz y el agua para formar una sustancia llamada polen y cada vez que le cae agua al polen suelta un olor muy agradable</p>
	<p><i>La sal tiene sustancias que la planta no puede consumir químicos no reconocibles.</i></p>	<p>Sin esos nutrientes no puede hacer la savia bruta, y sin la savia bruta no hay alimento y sin alimento no hay savia elaborada y sin savia elaborada no hay vida”.</p>	<p><i>La flor se formó gracias a la combinación de los fotones y la savia elaborada.</i></p>
	<p><i>“Una de las plantas creció menos porque se puso en un lugar donde le afectan los rayos ultravioletas y la grasa de la sal”.</i></p>	<p>“La planta no podría hacer que pasara la fotosíntesis y sin esa fotosíntesis no hay aire y sin aire no podríamos vivir”.</p>	<p>Descartaría que los fotones se combinan porque en realidad son absorbidos</p>
	<p><i>Le afecta la grasa y el calor “rayos solares” rayos ultravioleta.</i></p>	<p><i>No tuve en cuenta la savia bruta, que la planta se comportaba diferente en el día que, en la noche, el Co2, ni que necesitaba luz”.</i></p>	<p>La flor se forma porque la savia elaborada se iba por el xilema y con los fotones se empieza a formar la flor.</p>

	<i>“El crecimiento de la planta puede estar afectado por la grasa saturada en los rayos del sol y en la arena caliente”.</i>	<i>El O₂ proviene de la combinación de agua y savia bruta</i>	
	“La planta 2 creció más porque estaba al sol y sombra”;	<i>El O₂ proviene de la combinación de CO₂, H₂O y energía lumínica y savia elaborada</i>	
		Las plantas sólo absorben ciertos tipos de luz.	
		Los tipos de luz no afectan porque la planta absorbe esos colores	
EM2		Los elementos necesarios para hacer la fotosíntesis son CO ₂ , luz, agua, clorofila, savia bruta, cloroplastos	
		La “Grana sirve para que la luz del sol se absorba y que refleje el color verde, la Grana es la que hace este proceso	
		No, no tuve en cuenta no hable de la savia bruta, tampoco dije que necesitaba de la luz , y tampoco que la planta se comportaba diferente en el día que en la noche	
		Que en la fase oscura toma oxígeno y bota CO ₂ . Que en la fase lumínica toma CO ₂ y bota oxígeno, que en la fase lumínica toma luz.	

Expresiones verbales con las principales ideas generadas en cada uno de los experimentos mentales que dan cuenta del componente flexibilidad.

Tabla 6. Clasificación de las hipótesis producidas por el E3 en el EM1

HIPÓTESIS	HCP	HR	HP	HCA	HRC	HA	HCO	HD	HC
La planta que estaba junto al mar creció menos porque el agua es muy salada y hace mucho calor. La otra creció menos porque estaba en las condiciones aptas y seguras.	X	X	X		X	X			
A la planta 1 le afecta porque al tener altas cantidades de sal, la sal tiene sustancias que la planta no puede consumir químicos no reconocibles.	X	X		X		X			
El crecimiento de la planta puede estar afectado por el calor, el agua salada y además la arena.	X	X			X	X			
Al formarse las sustancias con sal la planta tendría menos vida por toda la sal y la grasa saturada.	X	X		X	X	X			
Descartaría que le afecta el agua salada, si no que le afecta la grasa y el calor “rayos solares” rayos ultravioleta.	X	X			X	X	X		
Creció menos por qué se puso en un lugar donde le afectan los rayos ultravioletas y la grasa de la sal	X	X		X	X		X		
La planta 2 creció más porque estaba al sol y sombra y el agua no tenía sal.	X	X		X	X	X	X		X
Que las plantas pueden crecer de acuerdo a las condiciones en las que esté, tener buena agua no tenerla tanto al sol, que no adquiriera sustancias como la sal	X	X		X	X	X			

La temperatura afecta el crecimiento de la planta porque hay climas que son mortales	X	X		X		X			
HIPÓTESIS	HCP	HR	HP	HCA	HRC	HA	HCO	HD	HC
Cuando yo plantó una planta en la nieve la planta crece, pero en ciertas ocasiones las hojas de la planta se congelarían.	X			X				X	
Yo plantaría tres frijolitos muy cerca y cuando crezcan algunos estarían más grandes que otros porque al sembrarlos están cerca las raíces se dañan y así yo haría una simulación de la pregunta. Materiales: 3 fríjoles, tierra, vaso grande, agua, luz oscuridad.	X	X		X				X	

Clasificación de las hipótesis producidas por el estudiante E3 en cada uno de los experimentos mentales y según las tipologías de hipótesis propuestas por Collantes de la verde ,2016. La simbología empleada se interpreta así: HCP: Hipótesis de conocimiento previo; HR : Hipótesis de Relación; HP: Hipótesis perceptiva; HCA : Hipótesis de causalidad; HRC: Hipótesis de relación compuesta; HA: Hipótesis Alternativa; HCO: Hipótesis de conexión; HD: Hipótesis de desplazamiento.

Tabla 7. Tipologías de hipótesis usadas por el E3 en el EM2

HIPÓTESIS	HCP	HR	HP	HCA	HRC	HA	HCO	HD	HC
Que cuando planto un árbol cerca del otro probablemente alguno de los dos no crezca.	X	X		X	X				
Los árboles más grandes y las raíces de los otros pueden afectar el crecimiento de la planta	X	X		X					

Puede pasar que al romper las raíces el árbol no absorbe los suficientes nutrientes y sin esos nutrientes no hay alimento y sin ese alimento el árbol no crecería.	X	X		X		X	X		
HIPÓTESIS	HCP	HR	HP	HCA	HRC	HA	HCO	HD	HC
La temperatura afecta el crecimiento de la planta porque la planta está acostumbrada a dos tipos de temperatura.	X	X		X		X			
<i>El O₂ proviene de la combinación de agua y savia bruta</i>	X	X		X	X				
<i>El O₂ proviene de la combinación de CO₂, H₂O energía lumínica y savia elaborada</i>	X	X		X	X	X	X		
Los tipos de luz no afectan el crecimiento porque la planta absorbe esos colores Las plantas sólo absorben ciertos tipos de luz.	X	X		X		X	X		X
La temperatura afecta a la planta porque algunos climas son mortales.	X	X		X					
La “Grana sirve para que la luz del sol se absorba y que refleje el color verde, la Grana es la que hace este proceso	X	X			X				
Si la planta no tomara el CO ₂ del aire La planta no podría hacer que pasara la fotosíntesis y sin esa fotosíntesis no hay aire y sin aire no podríamos vivir.	X	X		X	X	X	X	X	X
El dióxido de carbono ayuda a formar el fruto.	X	X				X			
Sin la fotosíntesis no hay oxígeno	X	X				X			

Esta tabla contiene las tipologías de hipótesis elaboradas por el E3 en el EM2

**T
abla
8.
Clas
ifica
ción
de
las
hipó
tesis
pro
duci
das**

por el E3 en el EM3

HIPÓTESIS	HCP	HR	HP	HCA	HRC	HA	HCO	HD	HC
cuando las hojas absorben los fotones los colores que absorben se combinan con la savia elaborada entonces se empieza a formar una pequeña materia llamada flor	X	X		X	X		X		X
La flor se formó gracias a las combinaciones de los fotones y la savia elaborada. Concluyo que la savia elaborada y los fotones sirven para hacer la flor.	X	X		X	X	X	X		X
Los fotones pueden afectan el color de la flor y el crecimiento de la planta	X	X		X	X	X			
La flor se forma porque la savia elaborada se iba por el xilema y con los fotones se empieza a formar la flor	X	X		X	X	X			
Descartaría que los fotones se combinan porque en realidad son absorbidos	X	X				X			X
Si algunos animales se extinguieran lo que pasaría es que habría menos polinización y sin eso no habría frutos y sin frutos no habría comida.	X	X	X	X	X	X	X		X

Esta tabla contiene las tipologías de hipótesis elaboradas por el E3 en el EM3

Tabla 9 tabla de frecuencias de la hipótesis

Experimento mental	HCP	HR	HP	HCA	HCR	HA	HCO	HD	HC
1	10	9		7	6	7	3	1	1
2	12	12		8	5	6	4	0	2
3	6	6		5	5	5	3	0	4
TOTAL	28	2 7		20	16	1 8	10	1	7

Número de frecuencias con las cuales se presentaron las diversas tipologías de hipótesis en cada uno de los experimentos mentales.

Tabla 10. Elementos teóricos del E3

EXPERIMENTO MENTAL	EXPRESIÓN VERBAL	ESTRUCTURAS	FUNCIÓN
EM1	El agua va por la arena y las raíces absorben el agua y los nutrientes por las vellosidades que tienen	Raíz, vellosidades, tallo Hoja	Absorción de sustancias Conducen pedazos de alimento Productora de sustancia blanca
		Tierra vellosidades	Contiene nutrientes Absorbe los nutrientes de tierra y agua
		tallo	Corta la comida en pedacitos
		Caminos diferentes	Conducir el alimento
EM2	Cuando me meto en el árbol bajo hasta la raíz y me doy cuenta que sus raíces son muy grandes y a medida que crecen se vuelven más grandes y cuando se choca con otra raíz más grande la puede dañar y cuando la daña una raíz absorbe menos nutrientes y sin esos nutrientes no puede hacer la savia bruta, y sin la savia bruta no hay alimento y sin alimento no hay savia elaborada y sin savia elaborada no hay vida.	Raíz Savia bruta Savia elaborada	Absorbe nutrientes según el tamaño
EM3	Cuando la hoja forma la savia elaborada esa sustancia se va por un tubito que se llama floema Entonces cuando las hojas absorben los fotones los colores que absorben se combinan con la savia elaborada entonces se empieza a formar una pequeña materia llamada flor entonces va creciendo	Hoja Floema Flor	Absorbe fotones Forma la savia elaborada Da lugar a la formación de la flor

	como si fuera una planta. Cuando ya haya crecido esa flor absorbe la luz y el agua para formar una sustancia llamada polen y cada vez que le cae agua al polen suelta un olor muy agradable		
--	---	--	--

Tópicos utilizados por el E3 en las narraciones construidas en cada uno de los experimentos mentales

Tabla 11. INSTRUMENTO DE BAREMACÓN

BAREMOS DE EXPRESIÓN FIGURADA PARA CUARTO DE PRIMARIA DE TORRANCE

4° CURSOPRIMARIA ELA: Elaboración **FLU:** Fluidez **FX:** Flexibilidad **CREA:**

Creatividad

	ORI	ELAB	FLU	FX	CREA
N Válidos	203	203	216	206	225
Perdidos	22	22	9	19	0
Percentiles 1	29	2	7	0	0
2	34	2	8	3	5
3	34	3	10	5	6
4	40	3	11	6	14
5	41	3	11	6	23
6	42	3	12	6	32
7	44	4	12	7	37
8	44	4	12	7	39
9	45	4	12	8	47
10	47	5	13	8	53
11	48	5	13	9	54
12	50	5	14	9	58
13	52	5	14	9	62
14	54	6	14	10	65
15	57	6	15	10	68
16	58	6	15	10	70
17	59	6	15	11	73
18	60	6	16	11	76
19	61	7	16	12	78
20	62	7	17	12	82
21	62	7	17	12	83
22	62	7	17	12	85
23	63	7	17	13	89
24	65	7	17	13	93
25	65	8	17	13	94
26	69	8	18	14	96
27	72	9	18	14	99
28	73	9	19	14	101
29	73	9	19	14	103
30	74	9	19	14	104
31	75	9	19	14	106
32	76	9	19	15	107
33	77	10	19	15	110
34	78	10	20	15	115
35	78	10	20	15	116
36	79	10	20	15	118
37	80	10	21	15	119
38	81	11	21	15	120
39	81	11	21	16	121
40	82	11	22	16	121
41	83	11	22	16	122
42	84	12	22	16	123
43	84	12	22	16	124
44	85	12	22	16	128
45	85	12	22	16	130

	ORI	ELAB	FLU	FX	CREA
53	91	13	23	17	142
54	93	13	23	17	144
55	94	14	24	17	145
56	95	14	24	17	146
57	98	14	24	18	146
58	99	14	24	18	148
59	99	14	24	18	149
60	100	15	24	18	150
61	101	15	25	18	151
62	101	15	25	18	152
63	104	15	25	18	153
64	104	15	25	18	154
65	105	15	26	19	154
66	106	16	26	19	155
67	107	16	26	19	155
68	107	16	26	19	156
69	108	16	26	19	158
70	108	16	26	19	160
71	108	16	26	19	161
72	108	17	27	19	166
73	110	17	28	19	166
74	112	17	28	19	168
75	113	17	28	20	169
76	113	17	29	20	171
77	114	17	29	20	173
78	118	18	29	20	175
79	120	18	29	20	176
80	121	18	29	20	179
81	121	18	30	20	184
82	123	18	30	21	185
83	125	19	30	21	186
84	126	19	30	21	189
85	127	20	30	22	190
86	130	20	31	22	192
87	132	20	31	22	196
88	134	21	31	22	197
89	136	21	32	22	198
90	138	22	32	23	200
91	140	22	32	23	205
92	141	23	33	24	208
93	142	23	33	24	211
94	144	23	34	24	215
95	149	24	34	25	222
96	152	25	35	26	226
97	164	25	36	26	241
98	168	28	37	26	243
99	175	29	40	29	257

46	86	12	22	16	131
47	86	12	22	16	132
48	88	12	22	16	135
49	88	13	23	17	137
50	89	13	23	17	138
51	90	13	23	17	139
52	91	13	23	17	140

Listado alfabético de términos para el componente flexibilidad

bigote	45
bikini	62
billete	16
biombo	40
bisagras	38
bisturí	61
bloc de notas	37
bloque	38
blusa	62
boa	3
bobina de hilo	10
boca	45
boca de incendio	20
boca de riego	20
bocadillo	2
bocina	52
bodegón/frutero	8
boina	1
bola	32
bola de pensamiento	63
bolas de coco con chocolate	2
bolera	18
boliches/hoyo	31
bolígrafo	37
bollo	2
bolos	31
bolsa	61
bolsa de golf	15
bolsillo	62
bolso	1
bomba	7
bombero	53
bombilla	35
bombón	2
bombona	36
bono bus	58
bumerán	32
borde de libro	34
borrador	37
bosque	6
bota	1
bote	60
botella	48
botón	1
botones de ascensor	20
bol	48
boxeador	15
bozal	5
bragas	50
brazalete	1
brazo	45
brazo de guitarra	41
brazo de escayola	38
broca de taladro	38
brocha	38
broche	1
bronquios	45
bruja	54
bufanda	1

buggie	15
<i>bugui</i>	15
búho	43
buitre	43
buque	60
burra (mesa)	40
burra de coche	52
buscando a Wally	34
butaca	40
buzón	20
C	
caballete	9
caballito de madera	32
caballito de mar	46
caballo	3
cabaña	49
cabello	45
cabeza/cara	45
cabina telefónica	10
cable	10
caca	63
cacahuete	27
cacao de labios	61
cacatúa	43
cacerola	8
cactus	47
cadena Hifi	36
cadena/collar	1
cafetera	8
caja	21
cajero automático	16
cajón	40
cajonera	40
calamar	46
cala vera	45
calcetín	62
calculadora	37
caldera	29
caldero	8
calendario	42
calentador (caldero)	8
calle	11
calleción	11
calles piscina/maratón	15
calzado	62
calzoncillo	62
cama	40
cama elástica	31
camaleón	3
cámara de fotos	9
camello	3
camilla	40
camino	11
camión	58
camión de juguete	32
camisa/blusa	62
camiseta	62
campana	56
campana de cocina	36
campanario	20

campana de adorno de Navidad	51
campo de fútbol	15
campo de golf	15
campo de tenis	15
canasta	15
canastilla de bebé	61
cancela	20
cancha de baloncesto	15
cancha de tenis	15
cancha de voleibol	15
candado	61
candelabro	35
cangrejo	46
canilla-pierna	45
canoas	60
cantante	41
cantimplora	48
cantina	18
caña	44
caña de bambú	44
caña de chocolate	2
cañas de pescar	61
cañería	20
cañita (pajita)	61
cañón	7
capa	62
caparazón	3
capucha	62
cara	45
caravana	58
caracol	3
caracola	46
caramelo	2
cárcel	19
careta	17
caricatura	9
carpa	46
carpetas	37
carretera	11
carretila	38
carril	11
carrito de bebé	61
carrito de la compra	2
carrito de helado	2
carro	58
carrocería de coche	52
carta	37
carta de baraja	31
carta de menú	2
carta/sobre	37
cartabón	37
cartapacio	37
cartel	51
cartera	61
cartón	21
cartón de huevos	2
cartucho	7
cartucho de tinta	37
cartulina	37

casa	38
cascabel	56
cascada	29
cascanueces	61
cáscara de huevo	2
cáscara plátano	27
cascarón	3
casco	58
casco de barco	60
caseta	49
caseta de indio	49
caseta para pájaros	5
casete	56
casilla	55
casquete de puerta	61
castillo	29
<i>cat woman</i>	54
catálogo	51
catamarán	60
catapulta	7
cataratas	29
catedral	38
cauce de río	29
cayado	7
caza peces	7
cazamariposas	7
cazamoscas	7
cazo	48
CD	56
cebolla	2
ceda el paso	55
ceja	45
celda	38
cenefa	38
cenicero	57
centro comercial	18
cepillo	8
cepillo de barrer	8
cepillo de dientes	8
cepillo de pelo	8
cepillo de W.C.	8
cepillo eléctrico	8
cera	9
cerda	3
cerdo	3
cerebro	45
cerezo	6
ceñilla/fósforo	28
cero	42
cerradura	61
césped/hierba	6
cesta	61
chaleco	62
chalé	19
champán	2
champiñón	2
champú	61
chapa	32
chaqueta	62
charca	29

charco	29
cheque	16
chica	53
chicle	2
chico	53
chimenea	20
chincheta	37
chino	53
chistera	61
chocolate	2
chocolatina	2
chuleta de examen	61
chupa	61
chupa-chups	2
chupete	61
churros	2
ciclistas	15
cíclope	54
cielo	12
ciempiés	3
cierre de un bolso	63
cigarro	57
cigüeñas	3
cilindro	55
cíncel	63
cinco rayas	62
cine (pantalla)	18
cinta	1
cinta adhesiva	37
cinta de casete	18
cinta de vídeo	18
cinta del pelo	1
cinta métrica	61
cinta/ decoración de Navidad	61
cinto	1
cinturón	1
circo	18
círculo	11
círculo	41
circunferencia	41
circunvalación	11
cisne	3
ciudad	11
clave de sol	41
clave musical	41
clavel	47
clavo	38
clínex	61
clip	37
cobra-serpiente	3
cocacola	2
coche	58
cochinilla	3
cocinilla	8
cocodrilo	3
código de barras	61
codo	45
cofre	48
cohete	28

cojín	61
cola	3
cola de avión	59
cola de cometa	32
cola de pez	3
colador	8
colas de gatos	3
colchoneta	32
colección de CD	41
colegio	19
colgante	1
colina	29
colirio	39
collar	1
colmillo	45
colonia	1
columna	20
columna vertebral	45
columpio	31
comba	31
comecocos	31
cometa	32
comida	2
compás	37
compresa	61
concha	46
condón	61
conducto que lleva cables de electricidad	10
conejo	3
congelador	36
conjunto de ropa	62
cono del helado	2
cono de helado	2
conos	26
consolador	61
contenedor	48
copa	8
copa de árbol	6
corazón	45
corbata	62
corchea	41
corcho	37
corneto	2
cornisa	20
corona	1
corona de flores	25
correa del reloj	1
corredor	20
cortador de pizza	8
corte de manga	55
cortina	50
cráter	29
cremallera	62
creyón	37
cristal	20
croqueta	2
cruce	11
crucifijo	55
crucigrama	18

cruz	55
cuadernillo	37
cuaderno	37
cuadrado	26
cuadrícula	37
cuadrilátero de boxeo	15
cuadro	9
cubeta de medidas	13
cubilete	48
cubito de hielo	2
cubo	26
cubo de la basura	48
cucaracha	30
cuchara	8
cuchara y tenedor	8
cucharón	8
cuchilla	61
cuchillo	8
cucurucho	2
cuelga-llaves en la pared	8
cuello	45
cuenco	48
cuentagotas	61
cuerda	38
cuerno	3
cuernos para carnaval	17
cuero	22
cuerpo	53
cuervo	3
cuesta	11
cueva	29
culo	45
cuna	40
cúpula	20
curva	11
curva de carretera	11
cúter	37
D	
dado	31
daga	7
dardos	31
decenas	42
dedo	45
delantal	50
delfín	3
demonio	54
depresión en la tierra	29
desierto	29
despensa	40
destiladera	61
destornillador	38
desvío de carretera	11
diadema	1
diamante	1
diana	31
dibujo	9
diccionario	37
dientes	45
difumino	9
dinamita	7

dinero	16
dinosaurio	3
disco	41
disfraz	17
división	42
DNI	63
dominó	31
<i>donald</i>	54
donut	2
dosificador	61
drácula	54
dragón	54
ducha	36
duende	54
dulce	2
dunas	29
DVD	36
E	
eco	56
edificio	19
efecto de movimimiento de pelota	13
eje para colocar donuts	61
elástico	61
electrocardiograma	13
elefante	3
embalse	48
embudo	8
enchufe	36
encia c/un diente "diente"	45
enciclopedia	34
enredadera	47
ensaladera	48
equipo de música	36
erizo	3
escaladores	53
escalera	23
escalextric	31
escalón	23
escapárate	20
escarabajo	3
escoba	8
escobilla	8
escobillón	8
escobillón y fregona	8
escopeta	7
escoplo	38
escuadra	37
escudo	7
escuela	19
escultura	9
esfera	26
esfinge	9
espacio	24
espada	7
espaguetis del mediodía	2
espaldera	63
espantapájaros	63
espárrago	2
espátula	38

espermatozoide	45
espaguetis	2
esponja	8
esposas	7
espray	61
espuma	63
esqueleto	45
esquimal	53
esquina	20
esquís	15
establo	5
estaca	7
estación espacial	24
estadio	19
estanque	48
estantería	40
estatua	9
estrado-tarima donde se lee en alto (palabra de Dios)	40
estrella	12
estrella de mar	46
estrella fugaz	24
estuche	37
estufa	36
ETE	54
E verest	29
excavación	38
excremento	4
explosivo	7
expositor de gafas	40
extintor	28
extraterrestre	54
F	
fábrica	19
fachada	20
falda	62
fantasma	54
faringe	45
faro	35
farol	35
farola	35
fayas/grietas en tierra	29
fechillo	61
feto	53
ficha	31
ficha de dominó	31
ficha de puzle	31
ficha dominó	31
figura	9
figura abstracta	9
figura de la fertilidad	9
figura de personas	9
figura geométricas	26
fillo de una mesa	40
flan	2
flauta	41
flecha	7
flexo	37
flit matamoscas	7

flor	25
florero	8
flotador	61
fluorescente	35
foca	46
folio/hoja	37
folleto	37
fonil	8
forro	50
fosa	63
fósforo	28
foto	9
frasco	48
fregadero	36
fregona	8
fresa	2
frontal de camión	20
frutero	8
fuego/asador	28
fuegos artificiales (en el suelo, los otros estallando)	28
fuelle	63
fundas plásticas para hojas	37
furgón	58
furgoneta	58
fuselaje de avión	59
fútbol	31
G	
gafa	1
galán de noche	53
galaxia	24
galleta	2
gallina	3
gallo	3
game boy	32
gancho	61
garabato	9
garaje	20
garfio	61
garrafa	48
garras de águila	3
gata	3
gavetas	40
gaviota	43
geep	58
gema	1
genio	54
gigante	54
gimnasta	15
girasol	25
gitano	53
glaciar	29
globo	32
gnomo	54
golondrina	43
goma	37
góndola	60
gorra	1
gorro	1
gota	14

gota de sudor	63
grada	15
grafiti	9
granada (de arma)	7
grapadora	37
grapas	37
grieta (de un huevo)	63
grifo	36
grúa	38
guadaña	61
guagua	58
guante	1
guardería	19
guataca	38
guillotina	7
guitarra	41
gusanito	3
gusano	3
H	
habitación	20
hacha	7
hada	54
halcón	43
hamaca	40
hamburguesa	2
haz de luz	35
hebilla	1
helado	2
hélices	52
hemisferio de planeta	24
herradura	61
hierba	47
hierros	38
hilo	10
hocico de animal	3
hoguera	28
hoja de árbol	6
hoja de cuchillo	8
hoja de planta	47
hoja de árbol	6
hoja de folio	37
hojilla afeitar	61
hombre	53
hongo	47
horario	63
hormiga	30
hormiguero	5
horno	36
hospital	19
hotel	19
hoyo	63
hoyo de golf	15
hoyo en la tierra	63
hoz	61
hucha	16
hueco	49
huella	4
hueso	45
huevo	2
huevo de Pascua	2

huevo frito	2
<i>Hull</i>	54
humo	28
huracán	14
I	
iglesia	19
iglú	19
imán	61
impresora	37
india	29
indio	53
inflador	61
insecto	30
insecto de palo	30
insignia	55
instrumento	41
interrogación	55
interruptor	35
intestino delgado	45
invernadero	47
inyección	39
isla	29
J	
jarabe	39
jardín	25
jarra	48
jarrón	8
jarrón / florero	8
jaula	43
jeringuilla	39
jersey	62
Jesucristo	53
Jesús en la cruz	55
jinete	53
jipi	53
jirafa	3
jorobas	3
joya	1
<i>joystick-pad</i>	31
juego	31
juego del teje	31
juego de tres en raya	31
jugador	53
jugador de fútbol	53
juguete	32
K	
<i>Kenny</i>	53
kiosco	63
koala	3
L	
laberinto	31
labios	45
ladera de montaña	29
ladrillo	38
ladrón (de enchufe)	35
lagarto	3
lago	29
lámina de piso	38
lámpara	35

lancha	60
lanza	7
lanzadera	7
lanzamisiles	7
lapicero	37
lápida	63
lápiz	37
lata	48
lata de aceitunas	2
lata de refresco	48
látigo	7
lavabo	40
lavadora	36
lavamanos	36
lazo	62
leche	2
lechera	53
lechuga	2
lego	32
leña	8
lengua	45
lentilla	61
leña	6
león	3
letra v	33
letra A	33
letra b	33
letra c	33
letra C y letra O	33
letra china	55
letra d	33
letra e	33
letra F	33
letra g	33
letra h	33
letra i	33
letra J	33
letra k	33
letra k in vertida	33
letra L	33
letra LL	33
letra m	33
letra n	33
letra Ñ	33
letra O	33
letra o	33
letra omega	33
letra p	33
letra r	33
letra s	33
letra t	33
letra U	33
letra v	33
letra W	33
letra X	33
letra y	33
Letras “ yo”	33
letra z	33
letras "ikea"	33
letras "santy"	33

letras chinas	55
letras musicales	41
letrero	51
leyenda	34
libreta	37
libro	34
licuadora	36
liebre	3
lija	38
lima	61
limonero	6
limonero	6
limpiador	8
limusina	58
línea	26
línea quebrada	26
lingote de oro	16
linterna	35
lirio	25
lista	63
listón	38
litera	40
llama de fuego	28
llama olímpica	15
llanta de coche	52
llave	61
llave (herramienta)	38
llave de tarjeta	61
llave inglesa	38
lla vero	61
lobo	3
locomotora	58
logo	55
logo de Antena 3	55
lombroz	3
lomo de libro	34
loro	3
luces de un coche	52
luminosos	35
lupa	37
luz	35
luz de salida de emergencia	35
M	
macarrón	2
maceta	25
macetero	47
machete	38
madera	38
madre	53
magdalena	2
malabares	31
maleta	22
maletín	37
mallá	62
mampara	8
mamut	3
mancuerna de tres kilos	63
mando a distancia	8
mando de <i>play station</i>	31

manga	27
mango	27
mango (de palo de golf)	15
mango brocha, pincel	9
mango secador	8
manguera	61
manillar de bici	15
maniquí	62
mano	45
manoplas	8
manos	45
mansión	19
manta	50
manta (pez)	46
mantel	8
mantis religiosa	30
manuscrito	34
manzana	27
manzano	6
manzano	6
mapa	29
máquina	38
máquina atrapa objetos	31
máquina de afeitar	36
máquina de coser	36
máquina de los deseos	63
máquina de martillo de feria	38
máquina de refresco	63
máquina del tiempo	63
máquina que permite el paso a los coches en los aparcamientos	52
maquinilla de afeitar	36
mar	29
maracas	41
marca (símbolo)	55
marca de Harry Potter	55
marca de un pantalón/ etiqueta	55
marca Nike	55
marcador	34
marcapáginas	34
marca-señal de una rueda	52
marciano	54
marco	8
marco de fotos	8
marco puerta	20
margarita	25
marioneta	32
mariposa	30
mariquita	30
martillo	38
máscara	17
mascota	5
mástil	60
matamoscas	61
matasuegras	32
maza	38
mazo	38

mecanismo manual para estallar bomba	7
mechero	28
medalla	15
media cara	45
medias	62
médico-persona	53
medidor	38
medusa	46
mesa	40
mesa de billar	18
mesa y mantel	8
meta	15
meteorito	24
metralleta	7
metro	58
metro con recogedor	38
micrófono	56
microondas	36
microscopio	13
militar-persona	53
mimo-persona	53
mina (arma)	7
minicadena	36
minikaraoke	41
mirilla	20
misil	7
mitad de un cuerpo	45
mitades de corazón 2	45
mochila	37
modelo/persona	53
molino	19
molusco	46
momia	54
monasterio	19
moneda	16
monigote	53
mono	3
monociclo	58
monopatín	58
monstruo	54
montaña	29
montaña rusa	18
montaña y camino	29
montañas	29
monte	29
moño	45
morro de castor	3
mortadelo	18
mortero	8
mosaico	38
mosca	30
mosquito	30
moto	58
motorista	53
monstruo	54
móvil	61
mueble	40
muela	45
muelle	60

muestuario de pulseras	1
mujer barbuda	53
muleta	61
multifarola	35
muñeca	32
muñeco	32
muralla	20
murciélago	3
muro	20
N	
naranja partida a la mitad	2
naranjo	6
nariz	45
navaja	7
nave espacial	59
nave extraterestre	54
neón	35
neumático	52
ne vera	36
nido	5
niña	53
niño	53
n.º 1 EN 10	42
n.º 1 en 11	42
n.º 2	42
n.º 3	42
n.º 77	42
n.º 8	42
n.º 99	42
noria	18
normas	55
nota de música	41
notas musicales negra y blanca	41
nube	12
nube de azúcar	2
nube-humo	57
nudo	63
nuez	2
número 0	42
número 1	42
numero 10	42
número 11	42
número 14	42
número 16	42
número 17	42
número 19	42
número 2	42
número 3	42
número 4	42
número 41	42
número 6	42
número 7	42
número 8	42
número 9	42
número II romano	42
número romano I	42
Ñ	
O	

oasis	29
obrero "obrero del cole"	53
oficina de correos	19
oído	45
ojo	45
ojos	45
ola	29
olivo	6
olla	8
onda	56
orca	46
ordenador	37
ordenador portátil	37
oreja	45
orejudo	53
órgano	41
orilla	29
orquilla	1
ortiga	47
ortógono	26
oruga	30
óscar (estatuilla)	55
oso	3
oso hormiguero	3
oveja	3
ovillo	10
ovni	54
óvulo	45
P	
pack de gel	61
padre	53
paipái	61
paja	47
pajarita	1
pajarita de papel	18
pájaro	3
pajita	61
pala	38
pala de helado	61
pala y pico	38
palacio	19
paleta	9
palillo	61
palillos chinos	61
palillos para dientes	61
palmera	6
palo	44
palo de golf	44
palo de joquey	15
palo escoba muñeco de nieve	44
palo/garrote	44
paloma	43
palomar	5
palos de golf	15
palos de incienso	44
palote	2
pan	2
panal	5
pancarta	51

patineta	3 2
patinete	3 2
pato	3
pavo real	3
payaso	1 7
pecera	5
peces	3
pecho de mujer	4 5
pechos	4 5
pedestal	6 1
pegamento	3 7
pegaso	5 4
peine	6 1
peldaño	2 3
pelicano	4 3
película	1 8
pelo	4 5
pelota	3 2
peluca	1 7
peluche	3 2
peluquería	1 9
penca	4 7
pendiente	1
pene	4 5
pentagrama	4 1
peón de ajedrez	3 1
peonza	3 2
Pepe el granero	5 3
pepino	2
pera	2 7
peral	6
percha	8
perchero	8
perfume	1
pergamino	9
periódico	3 4
periscopio	6 1
pernera de pantalón	5 0
perra	3
perrito caliente	2
perro	3

persiana	4 0
persona	5 3
persona "esclavo"	5 3
persona <i>Beatles</i>	5 3
pértiga	1 5
pesa, balanza	8
pesa/mancuerna	1 5
pesas	1 5
pescado	4 6
pescador	5 3
pétalo	2 5
petardo	2 8
pez	4 6
pez "nemo"	4 6
pez espada	4 6
piano	4 1
piano	4 1
picachu	5 4
picapiedra (personaje)	5 4

picaporte de una puerta	2 0
pico	3 8
pico-herramienta	3 8
piconera	3 8
picos	3 8
pie	4 5
piedra de jabón	8
piedra/roca	2 9
piedras de hielo	1 4
pierna	4 5
piernas/tronco y mano con pistola (atraco en banco)	7
pieza de jarrón roto	8
pieza de puzle	3 2
pieza del escalextric	3 2
pijama	5 0
pila	6 1
pila bautismal	4 8
pilar/columna	2 0
pilot	3 7
pincel/brocha	3 8
pinchitos de carne	2
pincho	2
pingüino	3
pino	6
Pinocho	5 4
pintadera	9
pintura	9
pintura de labios	1
pinza	6 1
pinza de la ropa	8
pinza del pelo/traba	1
pinzas de cangrejo	3
piña	2 7
piña de maíz	2
pipa de fumar	5 7
pipeta	5 7
piragua	6 0
pirámide	1 9
piraña	4 6
pirata	5 3
pirsin	1

pandereta	41
pantalla	8
pantalón	62
panteón	19
pañal	61
pañó	8
pañuelo	61
papa	2
papá Noel	54
papahuevo	2
papas (de paquete)	2
papel	37
papelera	37
paquete	21
paquete de chicle	2
para insuflar aire	61
paracaídas	59
paracaidista-persona	53
parada de metro	58
paragüa	61
paraguas	61
paragüero	8
parapente	59
para-rayos	20
paredes de una sala	20
pared	20
paréntesis	55
parqué	20
parque de niño	18
parrilla	2
parte de culo con pantalón Levis	62
parte de debajo de un vestido	62
parte del cuerpo (un hemisferio pero sin cabeza)	45
parte de delante de una pluma	43
parte delantera de avión "avión"	59
partitura	41
pasadizo	20
pasaporte	61
pasillo	20
paso de cebra	11
paso de peatones	11
pasta de dientes	61
pastel	2
pastilla	39
pata	3
pata de animal	3
pata de caballo	3
pata de gallo	3
pata de mesa	40
pata de mueble	40
pata de pato	3
patada	63
patas de pato	3
patín	32
patinador	15

piruleta	2
piscina	20
piso de una casa	20
piso de una clase	20
piso/azulejos	20
pista	11
pista de atletismo	15
pista de carreras	15
pista de nieve	15
pista de un aeropuerto	11
pista F1	15
pistola	7
pito	41
pito/silbato	15
pivote	15
pizarra	37
pizza	2
placa de policía	55

placa ducha	8
plafón de luz	8
plancha	8
planeta	24
plano de cocina	9
plano del cubo	26
planta	47
plastilina	37
plata	1
plataforma de atraque	60
platanera	6
plátano	27
platillos	41
plato	8
plato de ducha con manparas	8
plato roto	8
plato y taza	8
playa	29
playeras	50
<i>play station</i>	32
plaza	20
plaza de garaje	20
plomos	38
pluma	3
pluma de escribir	37
plumero	8
pluviómetro	14
poción	13
pódium	15
<i>pokemon</i>	32
polaca	53
policia-persona	53
polígono	26
pollito	43
pollo	43
pollo de cocina	8
polo	2
poni	3
popa de barco	60
porción de escalextric	32
porra	7
porro	57
porrón	48
porros	57
porta CD	41
portabloc	37
portabotas	61
portafotos	61
portal	20
portaminas	37
portapapel higiénico	8
portarretrato	61
portavelas	61
portería	20
portería de fútbol	15
portería de rugby	15
portero	53
Portugal	29
postal	51

poste	10
poste de la luz	35
poste de portería	15
poste eléctrico o de alta tensión	10
póster	51
postes	51
potabilizadora	38
potro	3
<i>power ranger</i>	32
pozo	63
pradera	29
precipicio	29
premio/obsequio y cartel de 1. er premio	51
prendas	62
presa	2
presa (de agua)	48
preservativo	61
princesa	53
prisión	19
prisma	26
prismáticos	61
proa de una barca	60
probador (cambiador)	20
probeta	48
profesora	53
prohibido	55
pterodáctilos	54
púas	46
puente	11
puente levadizo y torre	11
puerta	20
puerta y pared de una casa/plano de una casa	20
puesta de sol	14
pulgarcito	54
pulmones	45
puló ver	62
pulpo	3
pulsador	63
pulsera	1
punta de pluma	37
punta de flecha	7
punzón	37
puñal	7
puño	45
pupitres	37
puro	57
puzle	31
Q	
quemador c/llama	28
queso	2
R	
racimo de uvas	2
radiador	52
radio	18
radiocasete	41
raíces	6
rail	58

raíz	6
rallador	8
rama	6
ramo de flores	25
rampa	20
rampa de patinar	15
rampa de skate	15
rana	3
rapel o escalada/roca o montaña	15
raqueta	15
rascacielos	19
rastrillo	61
rastro del humo de coche	63
rata	3
ratón	3
ratón de ordenador	37
raya/pez	46
rayo	14
rayos de sol	12
rebanada de pan	2
recinto de las Olimpiadas	15
recipiente	48
recogedor de agua	48
recogemigas	48
recogedor	48
rectángulo	26
recuadro	26
red	63
red de voleibol	15
red recoge basura de la piscina	61
redondel	26
refinería	63
reflectantes	35
reflejo de luz de coche	35
reflejo de montaña	35
reflejo de montaña en agua	35
reflejo de puesta de sol	35
reflejo de sol	35
refresco	2
regadera	48
regaliz	2
regalo	63
regla	37
regla y escuadra	37
regla+ folio	37
regleta de enchufes	35
reina	53
reina (ajedrez)	31
reja	20
rejilla	63
relieve de montaña	29
reloj	1
reloj de arena	63
reloj de pulsera	1
remo	31
remolcador	38
remolino	63
remolino de viento	14

renacuajo	3
repisa	40
resorte	40
respaldo de silla	40
retrato	61
retrato de hombre	61
rey	53
rey (ajedrez)	31
riachuelo	29
rifle	7
rinoceronte	3
riñonera	61
río	29
risco	29
rizo	63
roble	6
robot	32
roca	29
rodillo	8
rollo de papel de cocina	8
rombo	26
romero	47
rompecabezas	31
rompeolas	63
ropa	62
rosa	25
rosca	2
roscón	2
rosquete	2
rosquilla	2
rotonda	11
rotulador	37
rueda	52
ruedas	52
ruido	56
rulo	61
rusa	53
S	
sabana	8
sabana africana	29
sable escopetado	7
sacapuntas	37
saco	48
saco de boxeo	15
saco de dormir	63
salchicha	2
saltamonte	3
sancos	63
sándwich	2
santuario	19
sapo	3
sartén	8
saxofón	41
secador	61
sello	55
semáforo	11
semicírculos	26
sendero	29
señal	55
señal de prohibido fumar	55

señal de taxi	55
señal vertical de tráfico	55
señal-flecha	55
señor	53
señora	53
serpentina	63
serpiente	3
serrucho	38
servilletas	8
servilletero	8
seta, hongo	47
sex shop	19
sierra	38
sierra de cortar	38
sierra de pelo	63
signo #	55
signo de Adidas	55
signo de exclamación	55
signo de interrogación	55
signo de picas	55
signo de piscis	55
signo de suma	55
signo de tecnología	55
signo igual	55
signo menos	55
signo de Nike	55
signo de pausa	55
signo de suma	55
silbato	56
silenciador	7
silencio de negra/partitura	41
silla	40
sillín de bici	15
sillon	40
silbato	56
silbido	56
símbolo del bien y del mal	55
símbolo Cruz Roja	55
símbolo de \$	16
símbolo de Aena	59
símbolo de géneros	53
símbolo de la paz	43
símbolo de leo	3
símbolo del sueño	55
símbolo del zorro	33
símbolo de igual	42
símbolo de infinito	42
símbolo de masculino	53
símbolo nazi	7
símbolo de play o siguiente	55
símbolo de silencio	55
símbolo Zzz del sueño	55
sirena	54
sirena de ambulancia	56
sirviente	53
<i>skate</i>	15
sobre	37
sócalo	38
socavón	11
sofa	40

soga	31
sol	35
soldado	53
sombra	35
sombra de las montañas	29
sombrero	1
sombrilla	61
somier	40
sonajero	32
sonido	56
sonrisa	53
sopa de letras	18
soplido	56
soporte de ne vera para huevos (congelador de huevos)	8
soporte microfono	41
<i>spiderman</i>	54
submarino	60
suelo	11
sueño	53
suéter/jersey	62
sujetador	62
Superman	54
supermercado	2
supositorio	39
T	
tabique	20
tabla	38
tabla de multiplicar	42
tabla de <i>skate/snowboard/surf</i>	15
tabla de surf	15
tabla de planchar	8
tablero	31
tablero de ajedrez	31
tablero de juego	31
tablero de mesa	31
tableta	2
tableta de chocolate	2
tableta de la píldora	39
tablilla	38
tablón	38
tablón de anuncios	51
taburete	40
tacha	38
taco	38
taco de billar	31
tacón	62
taladro	38
tallo	47
tambor	41
támpax	61
tanque	58
tanque de agua	48
tanque de guerra	7
tapa	48
tapa de boli	37
tapa de rotulador	37
<i>taperware</i>	48
tapón	61

tarántula	3
tarjeta	16
tarjeta de crédito	16
tarjeta de invitación	18
tarta	2
tarzán	54
tatuaje tribal	55
taxi	58
taza	8
taza con plato	8
tazón/cuenco	8
teatro	18
techo de guagua	58
tecla play	41
teclado	37
teclas de piano	41
Teide	29
teja	38
tejado	20
tela	62
tela de araña	4
teléfono	61
teléfono móvil	61
telescopio	13
televisor	18
telón	18
templo	19
tenazas	38
tendedero	8
tendido eléctrico	10
tenedor	8
tenedor cuchara	8
tentáculo	3
termo	36
termómetro	61
termostato	36
test de embarazo (predictor)	39
teta	45
tetera	8
tetrabrik	2
tiburón	46
tienda	19
tienda de campaña	49
tierra	29
tierra planeta	24
tiesto	48
tigre	3
tijera	61
timbales (música)	41
tímbre	56
tímpie	41
tinta	37
típex	37
tirachinas	32
tira-platos	15
tirapompas de jabon	32
tirita	39
tirolina	15
títere	32

tiza	37
toalla	50
tobogán	32
tomate	2
top	62
tope de salto de pértiga	15
tormenta (destellos)	14
tornado	14
tornillo	38
torpedo	7
torre	19
torre de ajedrez	31
torre de control	19
torre de ordenador	37
torre Eiffel	19
torre eléctrica	10
torres gemelas	19
tortuga	3
tostadora	36
tótem	55
traba	8
traba de la ropa	8
traca	28
tractor	38
traje	62
trampa	7
trampolín	15
transmisor (<i>walkytalki</i>)	56
transportador de ángulos	37
trapo	50
traste guitarra	41
trébol	47
tren	58
trenza	63
tres líneas	26
triángulo	26
tribal	55
triciclo	58
tridente	63
trigo	2
trinca de escalada	15
trineo	58
trofeo	15
trombón	41
trompa	3
trompeta	41
trompo	32
trono	55
tropezón	63
trozo de chocolate	2
trozo de collar	1
trozo de hielo	14
trozo de madera	44
trozo de queso	2
trozo de sandía	2
trueno	14
tubería	38
tubo	38
tubo de ensayo	13
tubo de escape	52

tubo de papas fritas	48
tubo de pasta o pomada	39
tubo fluorescente	35
tulipán	25
tumba	48
tumbona	40
túnel	11
tupé	1
<i>tupper</i>	48
turbina	52
TV	36
U	
un tenedor y un cuchillo	8
un triángulo y un rectángulo	26
una bandera y una letra K	55
unidades	42
uña	45
urinario	20
V	
vaca	3
vacuna	39
vagina	45
vagón	58
valla	38
valle	29
vampiro	54
vaquero del oeste	17
vasija	8
vaso	8
vela	35
vela+cerilla	28
velas de barco	60
velero	60
venas	45
ventana	20
ventanilla	20
ventilador	14
verja	20
verjas	20
vestido	62
vía de tren	58
vía eléctrica	10
vídeo	18
vídeo y TV	18
viento	14
viga	38
vino	2
violeta	25
violonchelo	41
Virgen de Candelaria	55
visera, casco	1
vista panorámica desde lo alto de rascaicelos	29
vitrina	40
volador	28
volante	52
volcán	29
W	

WC	2 0
wáter	2 0
X	
xilófono	4 1
Y	
ying-yang	5 5
yogur	2
yoyo	3 2
yunque	3 8
Z	
zambomba	4 1
zanahoria	2
zanco	1 7
zandalias	6 2
zanja en el suelo	1 1
zapatilla	6 2
zapatilla de <i>ballet</i>	1 5
zapato	6 2
zeta	3 3
zig-zag	2 6
zócalo	2 0
zona verde	2 9
zorro	3